

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Technologie a možnosti připojení poskytovatele Internetu
Technology and possibilities of connectivity Internet service
provider**

2011/2012

Bc. Jiří Hanušovský

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Hanušovský**
Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie
Studijní obor: 2601T013 Telekomunikační technika
Téma: **Technologie a možnosti připojení poskytovatele Internetu**
Technology and possibilities of connectivity Internet service provider

Zásady pro vypracování:

1. Popište možnosti konektivit a technologie poskytovatele Internetu.
2. Navrhněte kompletní infrastrukturu poskytovatele Internetu pro několik sousedních obcí v oblasti města Havířov.
3. Navrhněte řešení pro efektivní a jednoduchou správu vaší infrastruktury.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího diplomové práce.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libor Michalek, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 04.05.2012



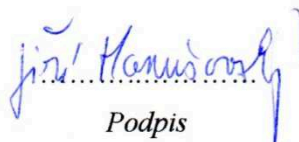

prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Dne: 2.5.2012


Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Liboru Michalkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce. Rovněž děkuji panu Petru Tichému za poskytnuté technické rady při zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Cílem mé diplomové práce je návrh a správa počítačové sítě pro regionálního poskytovatele Internetu v oblasti města Havířova.

Teoretické části obsahují souhrnné informace o základních vlastnostech počítačových sítí. Je proveden teoretický rozbor technologií, které umožňují připojení konektivity Internetu pro ISP a koncové zákazníky. Komplexní pohled do problematiky nastíní výhody i úskalí jednotlivých technologií dostupných v současnosti.

Praktická část se zabývá výstavbou sítě, nastavením aktivních prvků a jejich správou. Mým konkrétním návrhem infrastruktury sítě bych rád dosáhal pozitivních výsledků, které budou moci být v reálném prostředí uplatněny.

Klíčová slova

MikroTik, Ubiquiti Networks, správa počítačové sítě, The Dude, WiFi, poskytovatel připojení Internetu

Abstract

The aim of my master thesis is to create the concept of the computer network and its management for the regional internet provider in the area of Havířov.

The theoretical parts contain the information about the basic features of the computer networks and the theoretical analysis of the technologies which allow the connection of the connectivity of the Internet for the ISP and the end customers. The complex perspective on the issue outlines the advantages as well as difficulties of the particular currently available technologies.

The practical part of the thesis deals with the network architecture, setting up of the active components and its administration. By my particular network infrastructure concept I would like to achieve the positive results applicable in the real life.

Key words

MikroTik, Ubuiquti Networks, computer network management, The Dude, Internet service provider, WiFi

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Anglický význam	Český význam
FSO	Free Space Optics	Bezdrátové laserové spoje
ODU	OutDoor Unit	Vnější jednotka
IDU	InDoor Unit	Vnitřní jednotka
ČTÚ		Český Telekomunikační úřad
RR	Radio relay	Rádiorелеový spoj
FDDI	Fiber distributed data interface	Síť s kruhovou topologií
DCF	Distributed Coordination Function.	Přístupová metoda WiFi
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	Vícecestné šíření signálu
HSDPA	Evolved High-Speed Downlink Packet Access	Standard 3G technologie Standard 3G technologie
HSUPA	Evolved High-Speed Uplink Packet Access	Frekvenčně dělený duplex
FDD	Frequency Divison Duplex	Standard 3G technologie
UMTS	Multiple Access Universal Mobile Telecommunication System	Lokální počítačová síť
LAN	Local Area Network	Metropolitní počítačová síť
MAN	Metropolitan Area Network	Rozsáhlá počítačová síť
WAN	Widea Area Network	Osobní datová síť
PAN	Personal Areal Network	Internetová telefonie
VOIP	Voice Over Internet Protocol	Asynchronní digitální přípojka
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Vysokorychlostní digitální
VDSL	Very Hight Digita Subscriber Line	Přípojka
MAC	Media Access Control	Jedinečná adresa hardwaru
DQDB	Distributed Queue Dual Bus	Dvojitá sběrnice s distri – buovaným rozložením fronty

UTP	Unshielded twisted pair	Nestíněná kroucená dvojlinka
FTP	Folied twisted pair	Stíněná kroucená dvojlinka folii
STP	Shielded twisted pair	Opletená kroucená dvojlinka
POE	Power Over Ethernet	Napájení přes Ethernet
SLA	Service Level Agreement	Smlouva o poskytování servisních služeb
GUI	Graphical User Interface	Grafické uživatelské rozhraní
FTTH	Fiber To The Home	Optická síť ukončena v bytě
FTTB	Fiber To The Bulding	Optická síť ukončena v budově
FTTC	Fiber To The Curb	Optická síť ukončena u chodníku
FTTN	Fiber To The Node	Optická síť ukončena v distribučním bodě
PON	Passive Optical Network	Pasivní optická síť
ROS	Router OS	Operační software MikroTiku
PTP	Point To Point	Spojení typu bod-bod
PTMP	Point To MultiPoint	Spojení typu bod-více bodů
AVR	Amplitude After Aortic Valve Replacement	Vyrovňávání výstupního napětí při změně zatížení
ABR	Area Border Router	Hraniční router
SONET	Synchronous optical network	Standard digitální komunikace Optických vláken
MSC	Modulation and Coding Scheme	Modulační a kódová schémata
SSH	Secure Shell	Zabezpečený komunikační Protokol
SNMP	Simple Network Management Protokol	Protokol pro správu sítě
ISP	Internet Service Provider	Poskytovatel připojení k Internetu

Obsah

1	Úvod	1
2	Terminologie počítačových sítí	2
2.1	Typy počítačových sítí z hlediska rozlohy	2
2.2	Struktura počítačových sítí	3
2.3	Sítové počítačové modely	4
2.4	Přístupová metoda CSMA/CA - DCF	4
3	Možnosti konektivit a technologie poskytovatele Internetu	6
3.1	Technologie a konektivita připojení ISP	7
3.1.1	Optické připojení	7
3.1.2	Bezdrátová laserová pojítka	7
3.1.3	Mikrovlnné připojení	9
3.2	Možnosti připojení koncového zákazníka k ISP	12
3.2.1	xDSL	12
3.2.2	Kabelové připojení (CATV)	13
3.2.3	Optické připojení	13
3.2.4	Bezdrátové připojení standardu IEEE 802.11	14
3.2.5	WiMAX	16
3.2.6	Mobilní připojení	17
4	Návrh síťové infrastruktury pro poskytovatele Internetu	18
4.1	Obce pro výstavbu infrastruktury	18
4.1.1	Obec Albrechtice	19
4.1.2	Obec Horní Suchá	19
4.1.3	Obec Soběšovice	20
4.1.4	Obec Lučina	20
4.2	Aktuální možnosti připojení na Internet ve vybraných obcích	20
4.2.1	Albrechtice	20
4.2.2	Horní Suchá	21

4.2.3	Soběšovice.....	21
4.2.4	Lučina.....	21
4.3	Výběr technologie	22
4.3.1	Mikrotik.....	22
4.3.2	Ubiquiti Networks	22
4.3.3	Antény	22
4.4	Výběr dodavatele konektivity.....	23
4.5	Výběr centrálního bodu konektivity	24
4.6	Návrh a realizace páteřní trasy Havířov - Albrechtice	26
4.6.1	Distribuční bod - Havířov, Krajiní 1569/2a.....	26
4.6.2	Distribuční bod – Havířov, Padlých Hrdinů 790/25	27
4.6.3	Distribuční bod Těrlicko.....	28
4.6.4	Distribuční bod – Albrechtice, Životická 399	29
4.6.5	Přístupové body v Albrechticích	29
4.7	Návrh konektivity pro obec Horní Suchá.....	30
4.8	Návrh konektivity pro obec Soběšovice a Lučina.....	30
4.9	Nastavení výkonu WiFi.....	31
5	Koncepce síťové návrhu.....	35
5.1	Síťové adresování IPv4	35
5.2	Traffic Shaping.....	36
5.2.1	QOS	36
5.2.2	Mangle – značkování paketu	37
5.2.3	Queues	39
5.2.4	Queue Tree	40
5.2.5	Firewall.....	42
5.3	Routování OSPF.....	43
5.4	NAT.....	44
5.5	DNS cache	46

5.6	Doplňkové služby sítě	46
5.7	Zabezpečené bezdrátové sítě	47
5.8	Záložní napájení	47
6	Správa infrastruktury	49
6.1	Správa technologický zařízení.....	49
6.1.1	Mikrotik RouterOS - Winbox.....	49
6.1.2	Mikrotik RouterOs - SSH , Telnet.....	49
6.1.3	Mikrotik RouterOS, UBNT AirOS - Web.....	49
6.2	Dohled sítě ISP	50
6.3	Mapový podklad pro správu sítě	53
6.4	Zálohá konfigurací - MikroTik.....	54
6.5	Vytížení sítě.....	54
7	Závěr.....	56
	Použitá literatura	57
	Seznam příloh.....	lx

1 Úvod

V 21. století se již Internet stal nedílnou součástí našeho každodenního života. Pryč jsou doby, kdy Internet byl dostupný výhradně na vysokých školách. Rozmach virtuálního prostředí dnes obklopuje každého občana. Internet pomáhá při vzdělání, pracovních činnostech a plní funkci zábavy ve volném čase.

Téma diplomové práce mi je blízké, protože mě zajímá dostupnost Internetu v České republice již řadu let. Historické připojení mé domácnosti skrze telefonní komutované vytáčení s maximální rychlostí $56/33,6 \text{ kbits}^{-1}$ se datuje kolem roku 2000. Vývoj technologií posouvá možnost připojit více uživatelů do virtuálního prostředí. V roce 2003 se v mé domácnosti změnila technologie připojení na Internet. Domácnost byla připojena mezi prvními zákazníky v obci, kteří začali používat připojení na Internet prostřednictvím bezdrátové technologie WiFi v pásmu 2,4GHz. Rychlost se zvýšila na $256/56 \text{ kbits}^{-1}$. Rok 2005 se stal zlomový pro můj zájem o bezdrátovou technologii. Výstavba počítačové bezdrátové sítě v pásmu 2,4GHz v roce 2005 v okolí mého bydliště mi byla impulsem pro získávání podrobnějších informací této problematiky. Technologie 2,4GHz již je překonána, proto v současnosti pracuji s technologií MikroTik a UBNT v pásmu 5GHz. Podílím se na technické správě sítě lokálního ISP ve firmě Internet pro každého s.r.o.

Diplomová práce je rozdělena do 7 hlavních kapitol. Druhá a třetí kapitola je teoretická a zabývá se parametry počítačových sítí a vývojem technologií připojení vysokorychlostního Internetu. Obsahují podkapitoly, v kterých se specifikuje rozsah a typ počítačových sítí od historie po současnost. Následuje popis síťových modelů a rozčlenění do vrstev. Je zohledněna i specifikace z hlediska přístupové metody WiFi technologie. Jsou podrobeny rozboru technologie připojení na Internet. Porovnávají se typy a vlastnosti dostupných technologií pro připojení k Internetu. Rozepsány jsou možnosti volby konektivity pro ISP. V kapitole jsou vypsány typy připojení pro koncové zákazníky.

Praktická část je rozepsána ve čtvrté až šesté kapitole. Popisuje postup výstavby sítě lokálního poskytovatele Internetu. Návrh je realizován pro firmu Internet pro každého s.r.o. Návrh musí disponovat všemi náležitostmi od výběru lokality, přes výběr technologie až k nastavení technických parametrů pro správný přenos dat. Poskytovatel potřebuje zajistit změnu řízení sítě v již jeho realizované síti z L2 vrstvy na L3. V návrhu je nutné počítat se zálohování aktivních prvků sítě při výpadku elektrické energie. Správa sítě je nezbytná, proto při navrhování se klade důraz na software pro efektivní monitoring sítě. Musí disponovat intuitivním GUI rozhraním a předávat pohotově zprávy o stavu dění sítě administrátorům.

2 Terminologie počítačových sítí

2.1 Typy počítačových sítí z hlediska rozlohy

LAN síť je strukturálně omezená síť v jedné nebo několika sousedních budovách. V rámci budovy se používá strukturovaná kabeláž kombinující UTP kabely a optické kabely. Pro spojování budov se používají optické kabely nebo bezdrátové spoje. [1]

MAN síť je označení pro síť většího rozsahu pokrývající např. území velkého podniku nebo města. Velmi zjednodušeně lze říci, že MAN je LAN s velkým počtem budov nebo několik LAN spojených vysokorychlostní páteří. Normalizovaná metropolitní síť existuje jen jedna, a tou je protokol DQDB. DQDB je založen na koncepci ATM, kdy je obdobně kapacita rozdělena na malé buňky s pevnou délkou a mezi účastníky komunikace musí být vytvořeno virtuální spojení. [1][8]

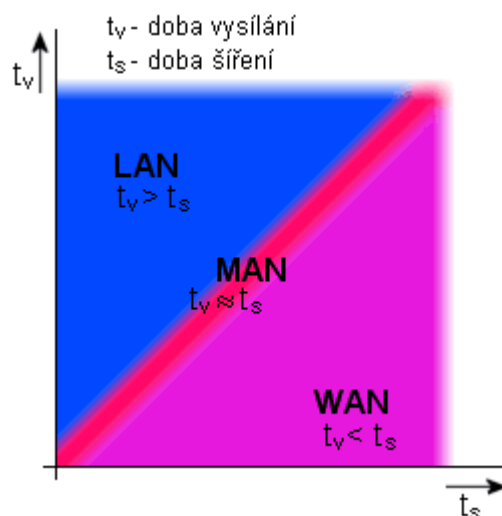
WAN síť je tvořená větším či menším počtem vzájemně vzdálených LAN. LAN jsou spojovány většinou pronajatými datovými okruhy. Použité aktivní prvky (dnes již téměř výhradně směrovače) umožňují nejen přenos dat, ale ve stále větší míře i spojování telefonních ústředen. [1]

PAN síť bývá velmi malá, dosah maximálně několik málo metrů. Podstatné je pro ně spíše to, že slouží potřebám jednotlivce, případně velmi malé skupiny uživatelů. Nejčastěji propojuje mobilní zařízení (např. PDA, notebooky, mobilní telefony), a umožňuje jim vzájemně komunikovat. Mezi technologie, které takovéto propojení zajišťují, patří zejména Bluetooth, IrDa, DECT, a z drátových pak USB. [3]



Obr. 2.1 Rozdělení sítí podle rozlohy

Šíření dat v počítačových sítích se rozděluje podle poměru doby vysílání a přijímání dat. U sítě LAN je doba vysílání „ t_v “ vyšší než doba šíření signálu „ t_s “ po přenosovém médiu ($t_v > t_s$). Síť MAN má přibližně stejnou dobu vysílání jako šíření signálu ($t_v = t_s$). V síti WAN je doba vysílání menší než doba šíření ($t_v < t_s$). Graficky je závislost zobrazena na Obr. 2.2 [5]



Obr. 2.2 Graf poměru doby vysílání a doby přijímání dat

2.2 Struktura počítačových sítí

Ve hvězdicové topologii jsou počítače propojeny pomocí kabelových segmentů k centrálnímu prvku sítě, nazvanému rozbočovač. Signály se přenáší z vysílacího počítače přes rozbočovače do všech počítačů v síti. Tato topologie pochází z počátků používání výpočetní techniky, kdy bývaly počítače připojeny k centrálnímu počítači mainframe. Mezi každými dvěma stanicemi musí existovat jen jedna cesta. Topologie nabízí centralizované zdroje a správu. Protože jsou však všechny počítače připojeny k centrálnímu bodu, vyžaduje tato topologie při instalaci velké sítě velké množství kabeláže. Selhání rozbočovače ve hvězdicové topologii způsobí nefunkčnost sítě u stanic k němu připojených. Pokud ve hvězdicové síti selže jeden počítač nebo kabel, který ho připojuje k rozbočovači, pouze tento nefunkční počítač nebude moci posílat nebo přijímat data ze sítě. Zbývající část sítě bude i nadále fungovat normálně. [6]

Kruhová topologie je založena na systému, kde vysílací část jednoho uzlu je zapojena do přijímací části uzlu následujícího; typickými technologiemi používajícími topologii kruhu jsou Token Ring a FDDI. Jak Token Ring tak FDDI používají kruh logicky, ale fyzicky je topologie tvořena hvězdou s centrálním prvkem.

Sběrníková topologie používá Ethernet realizovaný koaxiálním kabelem. Existují dvě specifikace, 10Base-2 a 10Base-5, rozdíl je dán typem použitého kabelu a jeho délkou. Jedná se o přezitek, který se v dnešní době používá zcela okrajově. [7]

Stromová topologie v počítačových sítích označuje propojení počítačů do útvaru tvarem připomínající strom. Vycházejí z hvězdicové topologie spojením aktivních síťových prvků, které jsou v centrech jednotlivých hvězd. Takovéto propojení se používá především v rozsáhlých počítačových

sítích ve velkých firmách. Jednotlivé hvězdice často představují jednotlivá oddělení firmy, patra budovy nebo celé budovy. Tyto hvězdice jsou pak znovu spojeny hvězdicovitým způsobem. [9]

2.3 Sítové počítačové modely

Referenční model ISO/OSI vznikl v 2. polovině 20. století. Byl vyvinut vědci o spoji. Slouží jako modelový příklad pro vrstvení počítačové komunikace. S pomocí rozložení modelu do vrstev, lze vrstvy nezávisle programovat a spravovat. Každá vrstva plní svou jedinečnou úlohu.

V síťové komunikaci se používá model TCP/IP. Využívá 7 vrstev ISO/OSI modelu sjednoceného do 4. Protokol byl vyvinut lidmi, kteří ovládali problematiku počítačů. [1]

Tabulka 2.1 Modely síťové komunikace

Vrstva	Model	
	TCP/IP	ISO/OSI
7.	Aplikační	Aplikační
6.		Prezenční
5.		Relační
4.	Transportní	Transportní
3.	Síťová	Síťová
2.	Síťové rozhraní	Linková
1.		Fyzická

2.4 Přístupová metoda CSMA/CA - DCF

U bezdrátového Ethernetu standardu IEEE 802.11b, g, a, n je příposlech nosné stále možný, a tak ho zájemci o vysílání používají. Jen se liší reakce, když zjistí, že někdo již vysílá. Uzel, když zjistí, že právě vysílá někdo jiný, tak okamžitě přestane vysílat a odmlčí se na náhodně dlouhou dobu. Teprve pak vše zkouší znovu, počínaje příposlechem nosné. Toto chování odpovídá tzv. 0 persistentnosti. U bezdrátového vysílání nelze jednoduše detekovat kolizi. Rádiová rozhraní jsou totiž obvykle jen poloduplexní. V tom smyslu, že buďto přijímají nebo naopak vysílají, ale nikoli současně. Proto nedokážou vysílat a současně s tím skrze příjem monitorovat, zda v éteru nedošlo ke kolizi. Tato varianta je označována také jako metoda DCF.

Řízení přístupu ke společně sdílenému médiu má u bezdrátových přenosů dva specifické problémy, obvykle označované jako problém skryté a předsunuté stanice. Pro řešení problému skryté a předsunuté stanice byla metoda DCF rozšířena o další variantu, označovanou jako „DCF se zprávami RTS/CTS“. Její princip si lze představit tak, že když dvě stanice chtějí vzájemně komunikovat a předávat si data, nejprve upozorní své okolí (resp. všechny stanice, které se právě nachází v dosahu jejich vysílání), že tak budou činit a že je ostatní nemají vyrušovat. Navíc jim řeknou, jak dlouho bude

jejich komunikace probíhat. Ostatní uzly v dosahu vědí, jak dlouho nemají vysílat. Ani postup se zprávami RTS a CTS však není schopen zaručit, že žádná jiná stanice nenaruší komunikaci. Již jen proto, že u bezdrátových přenosů není poloha stanic fixována, a tak se do blízkosti komunikujících stanic může dostat nějaká jiná stanice, která se neúčastnila původního dialogu se zprávami RTS a CTS a tudíž neví, že by neměla vysílat. [12]

3 Možnosti konektivit a technologie poskytovatele Internetu

V dnešní době je potřebné mít přístup na Internet. Tato celosvětová síť nabízí spousty možnosti a služeb, které usnadňují činnost populace. S tím, jak se masově rozšiřuje Internet, jsou kladeny nároky na připojení a stabilitu. Proto jsou strukturovaně jiné požadavky na řízení odlišných segmentů sítě. Hierarchie počítačových sítí je rozdělaná do několika samostatných celků.

Kategorie počítačových sítí:

1. páteřní
2. distribuční
3. přístupové
4. lokální

Neodborná veřejnost, aniž by si to uvědomovala, se podvědomě zajímá o technické parametry sítě. Koncoví uživatelé využívající Internet mají zájem znát z technických informací především rychlost připojení. Od ISP ke koncovému zákazníkovi je Internet distribuován prostřednictvím přístupové a lokální sítě. Přístupová síť je vytvořena pro překlenutí poslední míle k lokální síti. Nadřazené distribuční sítě jsou uzlem mezi poslední míli a páteřními sítěmi. O stabilní provoz na 2. a 3. úrovni sítě se stará ISP. Distribuční síť tvoří síťovou architekturu od ISP. Podle rozlohy distribuční sítě lze hovořit o velikosti ISP. Rozlohou lokality se rozumí síťové pokrytí obcí, městských obvodů, celých měst, části krajů, nebo i větších celků. V České republice je ve velkém počtu zastoupena skupina ISP na lokální úrovni. Avšak se lze setkat i s právními subjekty, které podnikají v oblasti telekomunikačních služeb a své distribuční sítě mají rozloženy napříč celou republikou. Nároky kladené na technologie a datovou propustnost celé hierarchie sítě se neustále zvyšují. Zvyšování rychlosti k cílovému uživateli má za následek vytváření prostorů pro vývoj nových internetových služeb.

Možnost konektivity do Internetu je závislá z velké části na geografickém umístění přípojného bodu. Dalším kritériem, které ovlivňuje připojení, je zvolený typ technologie. Nemaý podíl na zvoleném typu konektivity má konečná cena.

Výběr konektivity pro koncového uživatele a pro ISP se značně liší. Rozdílné nároky mezi těmito skupinami jsou velké. ISP musí disponovat odborně technickými znalostmi. Aspekty ovlivňující provoz sítě ISP ovlivní spokojenost koncových zákazníků. Konektivita ISP závisí na koncepci sítě a rychlost je připojena z páteřní sítě v desítkách až stovkách Mb/s⁻¹. ISP si nemůže dovolit nabízet službu připojení na Internet, která bude nestabilní se zvyšujícím se počtem koncových zákazníků. Cíloví koncoví zákazníci se dělí na technický méně a více znalé. Běžný uživatel Internetu požaduje

stabilní připojení a rychlost v řádu jednotek Mbits⁻¹ pro stahování dat z Internetu za příznivou cenu. Druhou skupinu tvoří odborně znalí uživatelé, kteří se od běžných uživatelů odlišují. Požadují rychlejší odesílání dat na Internet a nízkou latenci. Mají potřebu disponovat jedinečnou veřejnou IP adresou. Veřejná IP adresa je spojena se službami, které mají za cíl uživatel využívat (Web server, FTP server, hraní on-line her atd.).

3.1 Technologie a konektivita připojení ISP

3.1.1 Optické připojení

Velkým přínosem technologie je plně duplexní přenos dat oběma směry. Připojení je dimenzované až do desítek Gbits⁻¹. Počáteční nevýhody jsou finančně limitující náklady pořízení. Ale i přesto v posledních letech nastal rozmach. Optické připojení se převážně používalo na propojení páteřních telekomunikačních tras napříč celou republikou. V současnosti se optické vlákna využívají při výstavbě metropolitních sítí.

Optické připojení je možné přivést na centrální bod sítě 2 způsoby:

1. Připojit se k existující optické trase v objektu
2. Vybudování optické trasy ve vlastní režii

Nejvíce rozšířené varianty připojením prostřednictvím optického vlákna jsou FTTB a FTTH. Zmíněné 2 varianty jsou značně přínosné pro lokálního ISP na malém území. Pokud má lokální ISP hlavní páteřní konektivitu zajištěnou optickým připojením, tak pro další šíření konektivity je převážně konvergováno na technologii WiFi. V případě propojení distribučních bodů napříč územím je možné od vlastníka optického vedení pronajmout optické vlákno. Správa pronajatých optických vláken je v plné kompetenci zákazníka.

Na vzestupu optického připojení je technologie PON. Představuje řešení, kde z ústředny vede jedno optické vlákno k pasivní optické odbočnici, která rozdělí optický signál do požadovaného počtu dílčích směrů. Z optické pasivní odbočnice potom vedou jednotlivá optická vlákna ke každému účastníkovi. Absence aktivních optických součástek a celková jednoduchost řešení snižuje náklady na realizaci.

3.1.2 Bezdrátová laserová pojítka

Oblast FSO, jejíž počátky se datují do první poloviny 60. let 19. Století. FSO se obvykle rozumí digitální plně duplexní spoj umožňující širokopásmové komunikační přenosy vzduchem při použití neviditelných paprsků světla. Vedle datových spojů lze tyto spoje s výhodou použít i pro přenos hlasu či obrazu. Můžeme říci, že tato technologie v sobě skrývá přenosovou kapacitu optických sítí i jednoduchost a rychlost instalace bezdrátových spojů.

Rychlost šíření světla vzduchem je vyšší než přes vláknovou infrastrukturu, je možné FSO nazvat optickou komunikací rychlostí světla. Musíme však brát v úvahu návazné prvky, které přece jenom určité snížení přenosové rychlosti způsobí. Ale i tak lze realizovat velké datové toky v řádech Gbits⁻¹. Každá jednotka je tvořena kombinovaným optickým vysílačem a přijímačem, takže se navíc jedná o obousměrné plně duplexní spojení.

Čím kratší vzdálenost, tím vyšší je spolehlivost FSO. Realizovat spolehlivé spoje na delší vzdálenosti totiž znemožňuje útlum světla v atmosféře, který se razantně zvyšuje smogem, deštěm, sněžením a především mlhou. Výrobci FSO zdokonalují své zařízení o nové metody pro zvýšení spolehlivosti. Jednou z nich je např. vícesvazkové šíření signálu, které je odolnější, jak vůči atmosférickým vlivům, tak i vůči zaclonění paprsku např. přelétajícím ptákem. Zpravidla se používají 4 svazky. Významný je také přechod na délku nosné vlny v pásmu 1550nm. Většina současných spojů používá vlnovou délku 850nm. Díky výhodnějším podmínkám pro bezpečnou práci v pásmu 1550nm lze podstatně zvýšit výkon laserového vysílače a přesto zachovat paprsek zdraví neškodný

Spolehlivost s ohledem na vlivy počasí je pak dokonce lepší než 99,995 procenta. Velmi důležitým hlediskem je zajištění směrové stability spoje. Je třeba si uvědomit, že na vzdálenost kilometru znamená i nepatrné chvění vysílače metrové odchylky paprsku. Proto bývají držáky velice robustní a předimenzované, aby se tomuto vlivu zamezilo. Ale i na střeších výškových budov mohou výkyvy dosáhnout i několika centimetrů. Někteří přední výrobci začínají do svých zařízení aplikovat další prostředek pro zvýšení spolehlivosti, tzv. Autotracking systém, což je systém aktivního zaměřování, který automaticky upravuje směr paprsku dle potřeby.

Přestože výrobci udávají garantované dosahy v některých případech až jednotky km, doporučuje se zejména v oblastech náchylných na mlhy realizovat pouze spoje na relativně krátké vzdálenosti (kolem 500m). Tak lze zajistit dostupnost 99,99 procenta. Neoddiskutovatelnou podmínkou spolehlivého spoje je snad ještě více než u mikrovlnných systémů naprostá přímá viditelnost.

Vlastnosti:

1. Vysoké přenosové rychlosti - vysoká přenosová rychlost umožňuje plnohodnotné nasazení těchto systémů ve všech typech přenosových sítí
2. Žádné vzájemné rušení - vysoce směrový paprsek zaručuje vysokou prostorovou selektivitu přenosového signálu, proto nehrozí interference s jinými spoji
3. Žádná potřeba kmitočtového přidělu - pásmo optické nosné vlny leží mimo oblast působnosti ČTÚ, proto při instalaci a provozu spoje nevznikají legislativní překážky a optická síť je tak naprosto nezávislá na omezeném a regulovaném spektru a kmitočtové licenci
4. Protokolová transparentnost - Ethernet, SONET atd.

5. Přenositelnost a flexibilita řešení - frekvenční nezávislost umožňuje případné přesunutí spoje na jiné lokality bez přeladění
6. Interní i externí umístění - některá zařízení lze umístit jak vně budov, tak i uvnitř např. za okno a chránit tak samotné jednotky před atmosférickými vlivy
7. Příznivý poměr cena/výkon - pojítka jsou zvláště u vysokých přenosových kapacit podstatně cenově přístupnější než kapacitou srovnatelná rádiová pojítka [10]

Tabulka 3.1: Výrobci FSO:

Pořadí	Výrobce	Pořadí	Výrobce
1.	TereScope	5.	LightPointe
2.	SonaBeam	6.	CBL
3.	LaserBit	7.	Crusander
4.	Artolink	8.	Ronja

3.1.3 Mikrovlnné připojení

Digitálními spoje, které podle kapacity přenosu rozdělíme na nízko a středněkapacitní (2 Mb bits^{-1} až 34 Mb bits^{-1}), sloužící často jako přípojné spoje k páteřním infrastrukturám. Vysokokapacitními spoji (nad 34 Mb bits^{-1}) se většinou realizují páteřní propojení mezi významnými uzly. Obecně se RR spoj skládá ze dvou stanic A a B, mezi kterými je veden přímý mikrovlnný paprsek, který zprostředkuje přenos digitálního signálu mezi oběma stanicemi. Digitální RR spoje pracují většinou v duplexním režimu.

Hardwarová struktura mikrovlnného spoje:

1. Parabolické antény se používají většinou v průměrech 0,3m, 0,6m, 0,9m, 1,2m, 1,8m i větší a to v závislosti na požadované vzdálenosti přenosu, vysílacím výkonu, kapacitě přenosu, požadované kvalitě přenosu a případně dalších technických parametrech.
2. ODU obsahují mikrovlnný vysílač a současně přijímač. Další pomocné obvody, jsou umístěny buď integrované přímo zezadu na anténě, nebo jsou připevněny zvlášť poblíž antény a s anténou jsou spojeny speciálním krátkým pružným nízkoztrátovým vlnovodem. S vnitřní jednotkou jsou ODU spojeny většinou jedním (někdy několika) koaxiálním kabelem, který obvykle může dosahovat délky 100 m i více, ODU nepotřebuje napájení a bývá napájena přímo po komunikačním koaxiálním kabelu.
3. IDU obsahují kromě obvodů pro spolupráci s ODU již příslušná datová nebo telekomunikační rozhraní, která slouží pro připojení spoje k návazným systémům komunikační infrastruktury, vnitřní jednotka většinou obsahuje i rozhraní pomocných nízkokapacitních a hovorových služebních kanálů a rozhraní pro připojení konfigurační konzole a místního nebo dálkového dohledu. IDU bývá napájena stejnosměrným napětím 48 V, nebo střídavým napětím 230 V.

-
4. ODU/IDU zařízení je umístěno přímo u anténního systému. Vnitřní jednotka v tomto případě odpadá úplně nebo je omezena již jen na sdružovač napájecího napětí a uživatelských dat, případně je vybavena přepěťovými ochranami 3. stupně. Uživatelská data jsou vedena datovým kabelem od vnější jednotky přímo k navazujícím aktivním prvkům (server, router, tel. ústředna atd.). Nasazovány na poslední míli. Mikrovlnné spoje pro komerční využití běžně využívají několik diskretních vyhrazených mikrovlnných pásem.

Frekvenční rozsahy můžeme rozdělit na bezlicenční pásma a licenční pásma. Bezlicenční pásma nejsou zpoplatněna. Spoje jsou budovány na základě tzv. Všeobecných oprávnění, vydaných ČTÚ. V těchto volných pásmech ČTÚ nezajišťuje ochranu proti rušení nebo interferencím od jiných spojů v dané lokalitě. Platí zde pouze pravidlo, že případné rušení musí odstranit ten, kdo vybudoval spoj později. Pro provoz v regulovaných pásmech je třeba nejdříve od ČTÚ zajistit přidělení nevyužitých pracovních kmitočtových "kanálů" v lokalitě instalace, povolení k provozu spoje a následně provozovatel spoje hradí regulačnímu orgánu roční poplatky za využívání přidělených kmitočtových kanálů. Protože přidělování nevyužitých kmitočtových kanálů je ústředně plánováno a je zpoplatňováno, má provozovatel spoje v tomto případě zajištěnu ochranu proti rušení, způsobenému provozem jiných spojů v dané lokalitě.

Charakteristika mikrovlnných pásem:

- 2,4 GHz – je bezlicenční pásmo, určené pro datové spoje WiFi spoje PTP a PTMP. Pouze 3 kanály se v celém pásmu nepřekrývají. Primárně určeno pro domácí použití. S nasazením do externích prostor, se silně zarušilo příslušné spektrum.
- 3,5 GHz – je regulované pásmo, určené pro datové a telekomunikační spoje převážně PTMP (lze i PTP). Pásmo je z větší části rozděleno mezi několik velkých poskytovatelů veřejných telekomunikačních služeb s celorepublikovou působností (FWA – Fixed Wireless Access), kteří si samostatně v rámci své části pásma regulují kanálové využití. Omezeně lze část tohoto pásma přidělovat individuálně pro menší lokální soustavy. Podmínkou přidělení kmitočtů je poskytování veřejných telekomunikačních služeb.
- 5 GHz – je bezlicenční pásmo, určené pro datová pojítka PTP a PTMP. V tomto pásmu lze provozovat pojítka WiFi. Současná situace naznačuje obdobné dopady v jako v pásmu 2,4GHz.
- 6 GHz – je regulované pásmo, určené pro RR spoje PTP zvláště s vysokými přenosovými kapacitami a na dlouhé vzdálenosti. Ve srovnání s ostatními regulovanými pásmy jsou v tomto pásmu nízké provozní poplatky ČTÚ.

-
- 7 GHz – je regulované pásmo, určené pro RR spoje PTP a to zvláště na velké vzdálenosti, z hlediska obsazení kanálů zde vzniká technické omezení pro realizaci spojů s vysokou přenosovou kapacitou.
 - 10 GHz – je bezlicenční pásmo, určené pro RR spoje PTP na krátké i dlouhé vzdálenosti, vysílací výkon je zde omezen na max. 2 mW, dalším omezením je maximální šířka obsazeného kanálu 28 MHz. S masovým nasazením těchto pojitek pro distribuci internetu se již objevují ve velkých metropolích lokality, ve kterých je z důvodu vzájemného rušení budování dalších spojů problematické. Byť se jedná o bezlicenční pásmo, tak seriózní dodavatelská firma provede vždy před montáží nového spoje proměření radiového pozadí na propojovaných lokalitách a na základě výsledků měření navrhne vhodný kmitočtový pár pro budoucí spoj.
 - 11 GHz – je regulované pásmo pro RR spoje PTP na střední a delší vzdálenosti a pro vyšší přenosové kapacity. Ve srovnání s ostatními regulovanými
 - 11 GHz – je regulované pásmo pro RR spoje PTP na střední a delší vzdálenosti a pro vyšší přenosové kapacity. Ve srovnání s ostatními regulovanými pásmy jsou v tomto pásmu nízké provozní poplatky ČTÚ.
 - 13 GHz – je regulované "univerzální" pásmo, určené pro RR spoje PTP.
 - 15 GHz – bývalo regulovaným "univerzálním" pásmem pro RR spoje, v současné době se vyklízí a nepřiděluje, v budoucnu bude využito výhradně pro vojenské účely.
 - 18 GHz – je regulované "univerzální" pásmo, určené pro RR spoje PTP.
 - 23 GHz – je regulované pásmo, určené pro RR spoje PTP a vhodné na střední a kratší vzdálenosti a vyšší přenosové kapacity
 - 24 GHz - je belicenční pásmo, určené pro různé aplikace monitorování, dálkového ovládání apod., lze využít i pro datové přenosy PTP velmi krátkého dosahu
 - 26 GHz – je regulované pásmo, určené pro datové a telekomunikační spoje převážně PTMP (lze ale i PTP). Toto pásmo je z větší části rozděleno mezi několik velkých poskytovatelů veřejných telekomunikačních služeb s celorepublikovou působností, kteří si budou samostatně regulovat kmitočtové přiděly. Malá část pásma je k dispozici i pro RR spoje PTP pro kratší vzdálenosti.
 - 38 GHz – je regulované pásmo, určené pro RR spoje PTP, vhodné zvláště pro kratší spoje např. v rámci města a pro vysokokapacitní spoje
 - 40 GHz – je regulované pásmo, určené převážně pro PTMP spoje s širokými možnostmi uplatnění (univerzální pásmo – Multimedia Wireless Systems MWS) pro datové, telekomunikační, video a smíšené aplikace.

- 80 GHz – je bezlicenční pásmo, určené pro PTP spoje pro vzdálenosti do 2 km a velmi vysoké přenosové kapacity. Výkon vyzářený anténou je zde omezen na max. 45 dBW. [11]

Tabulka 3.2 Výrobci mikrovlnných spojů ve spektru 10 – 80 GHz:

Výrobce	Kmitočové pásma [GHz]
Alcoma	10, 11, 13, 17, 18, 23, 24, 26, 28, 80
Summit Development	10, 11, 17, 24
Racom	10
Saf Technika	6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 23, 24, 26, 38
Orcave	10
Ericsson	7, 8, 13, 18, 23, 26, 28, 32, 38
Trango Systems	6 - 40
Gigabeam	74, 84
Ceragon Networks	7 - 38, 71 - 76, 81 - 86
Siklu	71 - 76

3.2 Možnosti připojení koncového zákazníka k ISP

V kapitole jsou popsány běžně dostupné technologie, které v současnosti nabízejí rychlý přístup na Internet. Jsou prozkoumány různé typy technologií na trhu telekomunikační techniky, s kterých si může koncový zákazník vybrat.

3.2.1 xDSL

Do skupiny xDSL se řadí technologie ADSL a VDSL. Technologie jsou koncovým zákazníkům umožněny v případě dostupného připojení prostřednictvím pevné linky.

ADSL je služba asymetrická, protože stahování dat směr k uživateli a odesílání dat od uživatele nejsou symetrické. Stahování je rychlejší.

ADSL2 (ITU G.992.3 a G.992.4) přidává nové vlastnosti a funkce, zaměřené na zlepšení výkonu a interoperability a přidává podporu pro nové aplikace a služby.

Inovace ADSL2:

- Vylepšené ADSL rychlosti přenosu dat.
- Napomáhá zvýšení vzdálenosti ADSL dostupné z místní telefonní ústředny.
- Dynamické přizpůsobování datových rychlostí.

-
- Snižuje inicializační čas na méně než 3 sekundy.

ADSL2+ (ITU G.992.5) Efektivně zdvojnásobuje maximální rychlosti přenosu dat a dosažení rychlosti 20 Mbits⁻¹ na telefonních linkách do vzdálenosti 5 km. ADSL2+ technologie má zpětnou vazbu na předchůdce ADSL a ADSL2. ADSL2+ obsahuje všechny funkce a výhody výkonu ADSL2 a má zachované vlastnosti spolupráce se starším ADSL.

Technologie VDSL je další člen rodiny DSL, stejně jako ADSL. Je ovšem vyspělejší, protože dokáže dosahovat vyšších rychlostí. Větší rychlosti dosahuje za cenu spotřeby větší šířky pásma na místní smyčce. Dnes existuje ve dvou verzích: jako VDSL1, a taky novější VDSL2. U VDSL2 se pásmo rozšířilo až na 30 MHz (u ADSL to bylo 1,1 MHz, u novější revize ADSL2+ pak 2,2 MHz). Verze VDSL2, dle standardu ITU-T G.993.2 nabízí teoretickou přenosovou rychlost až 250 Mbits⁻¹, ale jen na velmi krátkou vzdálenost. Tak velká přenosová rychlost v reálném prostředí není možná. Fyzikální zákony samozřejmě platí i pro tuto technologii. Se zvětšující se vzdáleností od ústředny reálně dosažitelné rychlosti výrazně klesají. Obvykle se uvádí, že od 1,6 km je na tom VDSL2 stejně, jako ADSL2+. Do vzdálenosti 0,5 km od ústředny by VDSL v nejlepších podmínkách mohlo nabídnout až 100 Mbits⁻¹, a do 1 km až 50 Mbits⁻¹. Vše se zachováním asymetrických rychlostí, kde je výrazně menší upload. [25]

3.2.2 Kabelové připojení (CATV)

Ve větší míře jsou v panelově zastavěných oblastech již řadu let rozvedené televizní kabelové vedení. Právě díky této výhodě, mohl být k tradičnímu vedení televizního signálu přidružen datový provoz s přístupem na Internet. Kabelové připojení nabízí možnost připojení k vysokorychlostnímu Internetu moderní technologií. Přednostní je, že koncový uživatel nepotřebuje být majitelem pevné telefonní linky. Další plus kabelového připojení je vysoká kvalita a stabilita připojení. Připojení nabízí konektivitu do Internetu od 10 do 100 Mbits⁻¹, rychlost z Internetu směrem k uživateli je v rozpětí od 1 do 10 Mbits⁻¹.

Technologie CATV:

- Kabelový modem (rozhraní koaxiální kabel a Ethernet)
- Osobní počítač
- Set-top box pro kabelovou televizi

3.2.3 Optické připojení

Optická síť je nejvyspělejší technologií pro poskytování multimediálních služeb triple-play. Cílem je tedy vybudovat takové připojení, aby měl zákazník v jedné instalované zásuvce všechny digitální dostupné služby a to Internet, telefon i televizi.

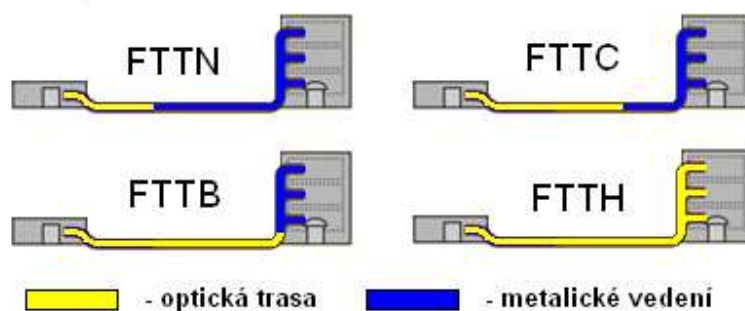
Technologie optických sítí se realizuje připojení typu FTTx. Lze vybudovat více typů. Aktuálně je možnost využít 4 typy optického připojení. Ve velké míře převažuje typ FTTB.

U připojení FTTB jsou jednotlivé domy připojeny samostatným optickým kabelem do centrálních prvků. Gigabitová technologie Ethernet do každého připojeného domu. Připojení jednotlivých koncových zákazníků pomocí standardní strukturované kabeláže.

Síť typu FTTH má domácí bránu, nebo účastnickou zásuvku s příslušnými porty pro telefonii, datové služby a TV (různé signály jsou na straně provozovatele multiplexovány pomocí vlnového dělení do jediného vlákna směrem k uživateli). V porovnání s kabelovými sítěmi se nejedná o hybridní opticko-koaxiální síť, ale o dražší, celooptickou síť na straně uživatele.

Síť typu FTTN je kombinace optického a metalického vedení (VDSL2). Optická přístupová síť je dovedena pouze k distribučnímu uzlu, z něhož jsou pak krátkými metalickými rozvody obsluhováni jednotliví zákazníci. Tato varianta je považována za prozatímní řešení nevyžadující velké počáteční náklady a plné využití stávající metalické infrastruktury.

Síť typu FTTC používá optické vlákno dovedené ke koncovému přístupovému bodu (rozvodné skříně) na chodník, ve vzdálenosti maximálně 300m od budovy. Z rozvodné skříně je vedené metalické vedení ke koncových zákazníkům, jako v případě VDSL2.



Obr. 3.1 Rozdělení FTTx

3.2.4 Bezdrátové připojení standardu IEEE 802.11

Vznikla WiFi aliance (dříve WECA), která soustřeďuje výrobce bezdrátových zařízení. Aliance testuje zařízení pracující ve standardu 802.11 a testuje zařízení výrobců podle norem. Vyhovujícím zařízením propůjčí logo, které ujišťuje kupujícího, že jeho zařízení je schopno komunikovat s ostatními WiFi zařízeními s tímto logem.

V roce 1997 publikoval mezinárodní standardizační institut IEEE specifikaci standardu bezdrátové sítě pracující v pásmu ISM pod číslem 802.11. Označení standardu 802.11 je z důvodu, že jej vyvíjí jedenáctá pracovní skupina IEEE, která spadá pod standardizační komisi (IEEE 802). První bezdrátová síť nabízela rychlost 2 Mbits^{-1} . V roce 1999 se standard rozšířil o dvě kvalitnější

specifikace. Standard 802.11b, který také pracuje v pásmu 2,4 GHz a má rychlost až 11 Mb s^{-1} , a 802.11a, která pracuje v novém bezlicenčním pásmu 5 GHz o rychlosti až 54 Mb s^{-1} . V roce 2003 byl schválen standard pod označením 802.11g. Rychlost byla zvýšena na 54 Mb s^{-1} v pásmu 2,4 GHz.

V pásmu 2,4GHz je dostupných v Evropě 13 kanálů v rozmezí 2412 až 2472GHz. Kanálovým rozestupem je pouze 5 MHz. Šířka radiového kanálu je 22MHz. Nepřekrývající kanály jsou k dispozici pouze 3 (1., 6. a 11.).

V oblasti 5 GHz je možný provoz v pásmu 5,15–5,35 GHz a 5,725–5,875 GHz (pouze uvnitř budov). V pásmu 5,470–5,725 GHz je povolen provoz WiFi ve venkovním prostředí. [29] Ve venkovním pásmu je 11 samostatných kanálů.

Nejnovější standart 802.11n vznikl v roce 2008. Podporuje MIMO technologii. Standard 802.11n funguje v pásmu 2,4GHz i 5GHz a je zpětně kompatibilní s revizemi a,b,g. Teoretická přenosová rychlost může být až 600Mb s^{-1} .

MIMO má však velikou výhodu. Pracuje na nejnižší fyzické vrstvě podle ISO/OSI modelu a lze tak využít bez ohledu na protokoly vyšších vrstev. Disponuje funkcí shlukování rámců na podvrstvě MAC. Maximální propustnost i rychlost se zvýší navýšením počtu připojených antén. Díky tomu se zvyšuje kapacita přenosu. Přenos informací po více rádiových kanálech, které se ovšem shlukují do šířky pásma kanálu jediného. Další výhody 802.11n jsou diverzita antén a prostorový multiplexing, s čímž souvisí i prostorové zvýšení dosahu bezdrátové sítě. MIMO technologie počítá s vícecestným šířením signálu. V základním provedení MIMO vysílá na jednom 20 MHz kanálu.

Šířka kanálu 40 MHz je další technologie začleněná v 802.11n, která umožňuje současné použití dvou oddělených nepřekrývajících se kanálů pro přenos dat. 40MHz mód používá 2 sousední 20MHz kanály. To umožňuje zdvojení přenosové rychlosti na fyzické vrstvě. [17]

Tabulka 3.3 Vývoj WiFi standardu

Standard	Frekvence [GHz]	Max. teoretická přenosová rychlost [Mb s^{-1}]	Skutečná průměrná rychlost [Mb s^{-1}]	Použité kódování
802.11	2,4	2	0,9	FHSS/DSSS/IrDA
802.11a	5	54	23	OFDM
802.11b	2,4	11	4,3	DSSS
802.11g	2,4	54	19	OFDM/DSSS
802.11n	2,4/5	600	-	MIMO-OFDM

Standard 802.11g má 2 kódování, protože umožňuje komunikaci se starším standardem 802.11b. Reálná rychlost 802.11n není uvedena z důvodů, že na trhu nejsou doposud dostupné zařízení 4x4 MIMO, které jsou stropem standardu.

Zařízení v této kategorii jsou většinou využívána v seskupení označovaném jako režim infrastrukturní sítě, ovšem mohou fungovat samozřejmě i v režimu ad-hoc tak, jak fungují většinou bezdrátové sítě PAN. Nutno však dodat, že tato technologie si našla daleko větší uplatnění, než bylo očekáváno. Začala být nasazována nejen ve vnitropodnikovém prostředí, ale vznikají tzv. hot spoty (zóny s přístupovým bodem k WiFi síti) i v hotelích, restauracích, na letištích. Technologie se velmi rozrostla do venkovních prostor, kde plní roli různých segmentu sítě.

3.2.5 WiMAX

Technologie byla navržena pro kmitočtová pásma od 2 GHz do 11 GHz. První produkty dostupné na trhu jsou však určeny pro pásma s nutností přidělení licence k použití či vydání povolení k využívání daného pásma. V České republice se jedná o pásmo 3,5 GHz, ve kterém je pro komerční použití k dispozici 20 kanálů. Šest z nich je již přiděleno v rámci celoplošných licencí. Počet volných kanálů tedy může být v některých regionech omezen.

Regulátor ČTÚ v České republice umožňuje využití technologií WiMAX, které používají tzv. FDD režim. Principem tohoto režimu jsou samostatné, frekvenčně oddělené kanály pro uplink a downlink. Tento režim je výhodnější pro kmitočtovou koordinaci v zemích, které udělují individuální povolení k využití kmitočtu pro lokální poskytovatele.

Velkou výhodou standardu WiMAX je QoS (garance kvality přenášených služeb). Díky podpoře QoS lze nastavovat prioritu např. různých typů přenášených dat, zákazníků atd. a řídit služby již na úrovni technologie.

V současné době jsou řešení WiMAX dostupná pouze pro spoje PTMP, stejně tak i pásmo 3,5 GHz lze využít pouze pro tzv. multipointové technologie

Maximální dosažitelná vzdálenost mezi základnovou stanicí a klientskou jednotkou je u WiMAXu závislá na řadě faktorů. Teoreticky lze vytvořit spoj na přímou viditelnost až na 70 km. Reálné a v ČR realizované jsou vzdálenosti kolem 20 km. Technologie umožňuje i využití spojů bez přímé viditelnosti. U těch se reálné dosažitelné vzdálenosti pohybují okolo 3 až 5 km, ve výjimečných případech i více. Protože je při tomto typu provozu využito odrazu signálu od překážek, záleží maximální vzdálenost na konkrétní lokalitě.

Využitelná přenosová rychlost mezi klientem základnovou stanicí se pohybuje na úrovni 9 Mbits^{-1} v každém směru, prakticky se však využívají především rychlosti v rozsahu 512 kbits^{-1} až 2 Mbits^{-1} . [18]

3.2.6 Mobilní připojení

Disponovat na území České republiky vysokorychlostním mobilním připojením může zákazník jen přes síť 3G. Síť 3G je blízkým příbuzným UMTS. Mladší standardy 3G jsou síť HSDPA a výrazně rychlejší HSUPA. Výhodou HSDPA oproti UMTS je, že podstatně zvyšuje přenosovou rychlost pro downlink, díky čemuž se z původní přenosové rychlosti UMTS dostává více než na její dvojnásobek. V praxi je u všech HSPA sítí finální rychlost závislá na počtu uživatelů, kteří službu na dané buňce zrovna využívají. To je také důvod, proč v aglomeracích s velkým počtem obyvatel nelze dosáhnout rychlost deklarovanou operátorem. Další výhodou oproti UMTS jsou výrazně menší latence (totéž platí pro HSDPA vs. HSUPA).

Pokud symetricky navýšíme download i upload dat, dostaneme již skutečnou 3,5G síť HSPA, což je také pomyslný evoluční vrchol 3G sítí. Názvy typu HSPA+, jsou pak spíše marketingovými tahy. Mají za úkol uživatele upozornit na to, že operátor navýšil datovou propustnost o několik Mbits⁻¹ výše. [4]

4 Návrh síťové infrastruktury pro poskytovatele Internetu

V kapitole se budu zabývat návrhem výstavby bezdrátové počítačové sítě poskytovatele Internetu. Počítačová síť bude navržena s ohledem na požadavky pro poskytovatele Internetu pro rozsah 4 vesnic. Návrh bezdrátové počítačové sítě bude ovlivněn terénním profilem území.

Komplexní návrh bude obsahovat praktickou stránkou výstavby počítačové sítě. Při návrhu se bude vycházet z aktuálně dostupných technologií na trhu. Důležitým bodem bude vybrat finančně dostupné řešení celkové infrastruktury. Ve struktuře návrhu budou řešení detailně rozpracované dílčími kapitolami. Kapitoly bezprostředně reflektují volbu území, systematické řešení síťové architektury a použité technické vybavení.

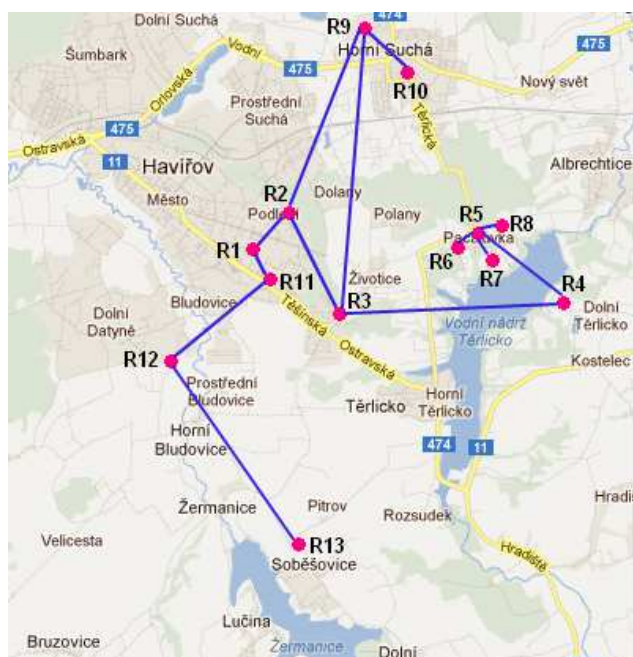
4.1 Obce pro výstavbu infrastruktury

V mé rodné obci Albrechtice si stále více obyvatel přeje přístup připojení k rychlému Internetu. V závislosti na poloze obce a její členitosti, není možné se připojit na Internet běžně dostupnými způsoby, jaké jsou nabízené v městech. V důsledku tohoto faktu se 2 osoby v obci rozhodly situaci řešit a započaly svůj podnikatelský záměr. Firma Internet pro každého s.r.o. mě přizvala ke spolupráci na výstavbu připojení Internetu pro obec Albrechtice. V pracovní skupině 3 osob se operativně řeší formální i praktické problémy. Díky svým znalostem ze studia na VŠB-TU Ostrava, Fakultě elektrotechniky a informatiky, oboru Telekomunikační technika mi byl přidělen úkol vyřešit návrh sítě a její technické členění. Návrh se musel koncipovat tak, aby při realizaci projektu nenastaly nepředvídatelné komplikace.

Poskytovatel Internetu si určil svou oblast podnikání na území Moravskoslezského kraje, resp. v sousedních obcích statutárního města Havířova. Obce se rozkládají buď v těsných blízkostech vodních nádrží, nebo na území utlumeného hornického těžebního průmyslu. Ve vesnicích, až na 2 výjimky, dominují na zastavěných plochách rodinné domy. Těmito výjimkami jsou vybudovaná hornická sídliště v 2. polovině minulého století, kde bydlí 1/3 obyvatel obcí. Rozmístění rodinných domů je různorodé vzhledem k rozlehlosti obcím. V obcích ležících v blízkém dosahu města Havířova je možnost připojení na Internet. Ovšem ve vesnicích je minimální konkurenční prostředí. Pro vstup nového poskytovatele Internetu jsou nakloněni samotní obyvatelé vesnic.

Pro správný výběr lokality působí celá řada faktorů:

- Geografický výběr lokalit.
- Finanční nákladnost při zřizování.
- Finanční návratnost při provozu.



Obr. 4.1 Rozmístění obcí

4.1.1 Obec Albrechtice

Obec Albrechtice leží asi 7 km východně od města Havířova na severním okraji Těšínské pahorkatiny. Průměrná nadmořská výška území se pohybuje mezi 260-280 m n. m. Rozloha obce činí 12,69 km² a v současné době zde žije okolo 4 000 obyvatel. [13]

Připojení k Internetu by mělo být nabízeno v pilotním provozu pro okrajovou část Pacalůvka. Lokalita se nachází u břehů Těrlické přehrady. Terénní profil je kopcovitého charakteru. Ze staveb na úpatí kopce je umožněno přímé viditelnosti na větší vzdálenosti. Pro plné pokrytí signálem bezdrátové sítě se v koncepci počítá s 4 přístupovými body. V části Pacalůvka se střetávají hranice 3 obcí a 1 města. Obce Albrechtice, Těrlicko, Horní Suchá a městská část Havířov - Životice. V oblasti jsou postaveny pouze rodinné domy. Věkové složení obyvatel je různorodé. Tvoří ho místních obyvatel žijících zde desítky let, tak i v posledních letech nově přistěhované mladé rodiny s dětmi. Prolínají se klasické zástavby rodinných domů s nově vybudovaným satelitním městečkem. Při výstavbě infrastruktury je tato obec na 1. místě s největší prioritou. Po předběžném zájmu o Internet mezi obyvateli, se zde předpokládá s připojením cca 100 klientů.

4.1.2 Obec Horní Suchá

Obec Horní Suchá leží na území bývalého Těšínského knížectví. Geograficky se nachází ve východním koutu republiky, mezi městy Karviná, Havířov a Český Těšín, v blízkosti hranic sousedního Polska. Rozlohou 980 ha a s 4 685 obyvateli (k 31. 12. 2011) se řadí mezi středně velké obce regionu. Pod obcí se nacházely, v dnešní době již z velké části vytěžené, zásoby černého uhlí, jehož těžba významně ovlivnila vývoj Horní Suché. [16]

Při prvotní analýze obce bylo rozhodnuto, že obec bude připojená do infrastruktury v 2. fázi projektu. V této obci již působí konkurenční lokální poskytovatelé bezdrátového Internetu. Ovšem jejich pokrytí nenaplnuje dostatečnou poptávku po Internetu mezi místními obyvateli. Proto trh konkurenceschopnosti je v obci otevřený. Je počítáno, že i stávající zákazníci budou přecházet k novému poskytovateli služby. Vzhledem k již obsazené části trhu s klienty se firma rozhodla spravovat bezdrátové internetové připojení na severní straně obce. Zde je plánováno s výstavbou 2 přístupových bodů. Jsou zde nejvýhodnější podmínky pro vytvoření přístupového bodu na těžní věži hornického dolu František. Okolo této stavby se nachází průmyslová zóna a kolonie rodinných domů, tzv. finské domky. V těchto lokalitách je možnost se připojit především prostřednictvím pevné linky. Některé objekty ležící blíže centru mají možnost alternativního připojení na internet. Není jich mnoho. Vzhledem k množství firem a obyvatel ve vybrané lokalitě je kalkulováno s možným počtem 200 klientů.

4.1.3 Obec Soběšovice

Obec Soběšovice leží na pravém břehu Žermanické přehrady, na severovýchodě České republiky, asi 20km od státní hranice s Polskem a 30 km se Slovenskem. Nejbližší město je Havířov cca 7km. Počet obyvatel je 855 (k 1.1. 2011). Rozloha obce je 365 ha. Nejvyšší bod se nachází ve výšce 350 m. n. m. Během letní rekreační sezóny se počet přechodně žijících obyvatel v obci může rozšířit až na jeden a půl násobek počtu obyvatel. [15]

Trasa konektivity pro obec je společná s připojením obce Lučina. Realizace spojení je ve 3. fázi koncepce. Přístupový bod pro obě obce bude společný. V návrhu je s ním počítáno na vodárenské věži v Soběšovicích. Věž je nejvyšším bodem v okolí. Pokrývá území přilehlé obce Soběšovice a severní oblast obce Lučina. S ohledem na počty obyvatel v obci a již známou konkurenci, se předpokládá s připojením do 100 obyvatel.

4.1.4 Obec Lučina

Obec Lučina leží v severovýchodní části okresu Frýdek-Místek na levém břehu Žermanické přehrady. Rozlohou 744 ha a s 1256 obyvateli (k 31. 12. 2011). [14]

4.2 Aktuální možnosti připojení na Internet ve vybraných obcích

4.2.1 Albrechtice

V obci je možnost připojení k Internetu. Občané si mohou vybrat připojení přes pevnou linku formou ADSL od O2 Telefonica a.s., nebo bezdrátovým připojením. Bezdrátové připojení v obci nabízejí společnosti: SilesNet s.r.o., ChotNet, Alcomnet s.r.o. Existující poskytovatelé bezdrátového internetu v obci nemají signálem pokryté celé území. Soustředili se především na centrum obce. Firma

Alcomnet s.r.o. nabízí připojení i v okrajové části Zámostí a Červenky. Firma ChotNet pokrývá signálem část Paseky, ale každým měsícem se rozrůstá o další přístupové body. Ve zbylých okrajových částech obce občané mohou k připojení na Internet využívat ADSL. Díky velkým vzdálenostem od telefonní ústředny s umístěným D-SLAMem není možné v okrajových oblastech disponovat rychlým přístupem na Internet. Připojit se přes ADSL lze s maximální rychlostí 5120/768 kbits⁻¹. ADSL připojení bylo podrobeno sérií testů v různou hodinu. Skutečná průměrná rychlost připojení přes ADSL byla změřená v lokalitě Albrechtice Pacalůvka. Průměrná rychlost stahování dosahovala 2150/500 kbits⁻¹. Fluktuace latence od jednotek po stovky ms.

4.2.2 Horní Suchá

V Současné době je možné se připojit v obci přes pevnou linku prostřednictvím společnosti Telefonica O2 a.s., a nebo využít služeb bezdrátového internetového připojení. Firmy poskytující bezdrátové připojení jsou SilesNet s.r.o. a Fifejdy s.r.o. V zástavbě na sídlišti je možné se připojit na vysokorychlostní Internet technologií ADSL a VDSL. Telefonní ústředna s D-SLAMem se nachází v obci. Rychlost ADSL je nabízena 16384/512 kbits⁻¹. VDSL se nabízí rychlost 25600/2056 kbits⁻¹. Reálná rychlost zákazníků na sídlišti ve vzdálenosti cca 1,5km od ústředny, byla naměřena 10/1 Mbits⁻¹. I přes nabízenou rychlost nedisponuje tato služba monopolním postavením v obci. Spousta občanů již nema v pronájmu pevnou telefonní linku. Proto je trh pro bezdrátové poskytovatele Internetu přístupný. Současní poskytovatele bezdrátového internetu si přístupové body vybudovali v jižní části obce. V této oblasti je příznivé prostředí pro přívod konektivity z Havířova.

4.2.3 Soběšovice

Obec ležící na rozlehlém kopci. Je tvořena částmi Horní a Dolní Soběšovice. V těchto lokalitách není dostupná kvalitní konektivita připojení na internet přes pevnou síť. Společnost Telefonica O2 a.s. zde nabízí připojení ADSL 2048/256 kbits⁻¹. V testech se připojení nedostalo přes hranici 1300/190 kbits⁻¹. Obci pokrývají svým připojením také bezdrátoví poskytovatele SilesNet s.r.o. a fa HnojnikNet. Hlavním poskytovatelem Internetu je v obci 2. uvedený bezdrátový poskytovatel. Obec je značně členitá a doposud nejsou pokryté veškeré obytné subjekty. Proto vstup dalšího ISP je možný.

4.2.4 Lučina

Možnost připojit se v obci k vysokorychlostnímu internetu skrz pevnou linku je složité. Obec je vzdálena od telefonní ústředny ve Frýdku-Místku, a proto v obci nejde zřídit přípojka ADSL. Občané, kteří potřebují mít přístup na internet využívají pomalý přístup pomocí technologie ISDN. V obci poskytují službu 2 bezdrátoví poskytovatelé internetu. Kvůli terénnímu různorodému profilu a spousty lesních porostů jsou oblasti, kde obyvatelé nemají přístup k rychlejšímu bezdrátovému

Internetu. Současní ISP mají dosah pokrytí obce ze směru od Frýdku-Místku. Oblasti od Havířova jsou přístupné pro nového poskytovatele.

4.3 Výběr technologie

Vzhledem k překonávání velkých vzdáleností napříč městem a obcemi se vybraly pro návrh bezdrátové technologie v bezlicenčních pásmech. Technologie pro pátevní spoj z Havířova do Albrechtic je navržena pro bezdrátovou koncepci dle standardu IEEE 802.11n. Vybudování přístupových bodů v obci je realizován stejnou technologií s možností přechodu na starší standard IEEE 802.11a. Propojení v rámci obce Horní Suchá bude realizována v pásmu 5,4 – 5,7 GHz. V 3. fázi projektu se obce Lučina a Žermanice připojí k pátevní síti v pásmu 5,4 – 5,7 GHz.

4.3.1 Mikrotik

MikroTik je společnost, která prodává své směrovací zařízení pod stejnojmennou značkou. Společnost byla založena roku 1995 v Lotyšsku. V roce 2004 pak expandovala do zahraničí. MikroTik nabízí jak hardwarové zařízení v podobě směrovačů označených RouterBoard, tak i svůj software Router OS, dále ROS. RouterBoardu je mnoho typů, liší se počtem LAN portů a množstvím mini-PCI slotů pro stejnojmenné karty. ROS se dělí funkcemi podle zvoleného levelu licence. Přehledná tabulka funkcí dostupná na webové adrese [19].

Do projektování sítě byly zahrnuty zařízení: RB433AH [32] a RB750GL [31]

4.3.2 Ubiquiti Networks

Ubiquiti Networks je společnost z USA, která vyrábí zařízení pro širokopásmové bezdrátové sítě. Disponuje celou řadou produktů potřebných k realizaci spoje v pásmu 5GHz. V současnosti v České republice hodlá prorazit na trh s technologií PowerBridge M10 v pásmu 10,5GHz.

Byly vybrány zařízení pro bezdrátové spojení: UBNT Nanobridge M5 MIMO [33], UBNT Nanostation M5 MIMO[34]. Všechny zařízení mají implementovaný linuxový software AirOS.

4.3.3 Antény

V rámci návrhu bylo nutné zvolit správné antény odpovídající technologickým nárokům. Na trhu jsou k dostání antény různých výrobců s odlišnými reálnými a papírovými hodnotami směrovosti a výkonových zisků. Výhradně byly potřebné směrové antény k spojení distribuční bodů pro technologii MikroTik. Čím anténa dosahuje lepší směrovosti, tím má delší a štíhlejší přední lalok a ubývají postranní laloky. Právě přední lalok určuje zisk a směrovost antény. Zařízení pro přístupové body a klienty se zvolili od UBNT. Zařízení mají výhodu, že rádiová aktivní část je zabudována s anténou a tvoří společný celistvý prvek. Mé úvahy s výběrem antén byly konzultovány s kolegy

z oboru ISP, kteří již mají několik desítek WiFi spojů v ostrém provozu odzkoušeno. Pro účely výstavby sítě byly doporučeny antény tuzemských výrobců.

V České republice je možné zakoupit kvalitní antény od výrobců:

- Jirous [33]
- Šťourač
- Tyhan [34]

Oproti anténám např. Waveant je u antén české výroby shoda popisu produktu s reálnými technickými parametry. Směrové antény českých výrobců disponují výbornou směrovostí. V oblasti s hustým pokrytím 5GHz signálu nepřijímají šum spektra postranními laloky. K její dlouhé životnosti na stožáru napomáhá ochranný kryt, nebo-li radom. Srovnávací testy antén provedeny p. Šťouračem dostupné na jeho webových stránkách [23]

4.4 Výběr dodavatele konektivity

K vybudování stabilní sítě pro klienty je nutná dobře dimenzovaná konektivita do Internetu. Proto bylo na počátku podstatné zvolit správného dodavatele konektivity. Připojení do sítě Internet bylo podmíněno v návrhu oblastí, která bude mít dostupnost optického připojení. Zvolena technologie konektivity byla výhodná v mnoha směrech. Prvním aspektem je, že budou menší počáteční finanční náklady na zřízení centrálního bodu. Další pozitivum je, že není nutné budovat trasu optického připojení ve firemních nákladech. Veškeré technické vybavení je ve vlastnictví pronajímatele konektivity. Proto odpadlo i řešení problému v případně nefunkčnosti technického vybavení.

V Havířově má vlastní optickou síť společnost Poda a.s. Bylo započato jednání v červnu 2011 se zmíněnou společností. Na společném setkání probíhaly diskuze, kde se zjišťovaly veškeré náležitosti týkající se námi potřebné služby a smluvních podmínek. Byl předložen návrh od společnosti Poda a.s.. Společnosti byl předložen balíček telekomunikační služby „Traffic“, který garantuje rychlost připojení 100/100 Mbits⁻¹ přes jejich optickou síť. Součástí balíčku je přiděleno 128 veřejných IP adres v rozsahu IPv4. Finanční nákladnost konektivity byla vy kalkulována měsíčními splátkami v částce 22 450Kč. Po schválení výstavby centrálního bodu s pronajímatelem objektu se dojednaly konečné smluvní podmínky se společností Poda a.s. pro připojení klíčového centrálního bodu do optické sítě.

Jednání probíhalo korektně a společnost Poda a.s. byla vybrána jako hlavní dodavatel internetové konektivity pro budovanou infrastrukturu. V 2.polovině roku 2010 se podepsala smlouva o poskytování internetové konektivity.

4.5 Výběr centrálního bodu konektivity

Objekt pro výstavbu centrálního bodu musí splnit 2 nutné podmínky:

- Přípojný bod optické trasy musí být ve výškově budově.
- Potřeba zaručeného přímého výhled na severní okraj města.

Společnost Poda a.s. předložila 2 lokality, které měly predispozice pro splnění potřebných podmínek. První výškový dům se nachází na adrese Havířov, Přímá 1330/1. Druhá lokalita, která byla ve výběru, byl panelový dům na adrese Havířov, Čelakovského 1594/2b.

Obě výškové budovy na území města Havířova v části Podlesí jsme před podepsáním smlouvy se společností Poda a.s. navštívili. Nezbytným krokem před samotnou návštěvou objektů bylo potřeba kontaktovat vlastníky budov a zajistit souhlas se vstupem do jejich objektu. Přístup musel být vyřízen nejen do objektu, ale i do půdních prostor a na střechy. První dům je podle dostupných informací z katastru nemovitostí ve vlastnictví společnosti Stavební bytové družstvo Havířov. Druhá budova ve výběru je majetkem statutárního města Havířov, kde spravuje městské budovy Městská realitní agentura a.s, dále jen MRA a.s. Správci budov byli informováni o možné podnikatelské činnosti v jejich budově. Informace byly předány správcům budov s tím, že by se v jejich objektu nacházelo v půdních prostorech a na střeše technická zařízení. Od majitelů objektů přišlo vyrozumění s podmínkami, za jakých lze technické vybavení umístit v jejich budově. Do 2 týdnů od podání návrhu byl umožněn vstup do budov.

První dům na adrese Havířov, Přímá 1330/1 se při prohlídce nejevil jako schůdné řešení. Ze střechy 8mi podlažní budovy nebyl dostatečný výhled do okolí. Při výhledu po okolí stály v blízkém dosahu další výškové budovy. Sousední budovy by znemožnily výstavbu páteřního bezdrátového spoje do okrajových částí města Havířova. V trase plánovaného spoje byl i hustý lesní porost. Další nedostatky byly spatřeny v nulově přípravě pro vedení strukturované kabeláže. Byl by nutný technický zásah do okenního rámu od střešního okna. Z těchto důvodů se přístupový bod konektivity v první lokalitě nejevil jako ideální řešení.

Při obhlídce druhé lokality nebyly nalezeny žádné zásadní problémy, naopak jen pozitiva. V širokém okolí je nejvyšší dům. Dům má ve svém zázemí už dostatečně vybudovaný rozvod strukturované kabeláže. Rozvod elektrického vedení je v půdních prostorech. Ze střechy budovy je přímá viditelnost na další panelový domy na okrajích města Havířova. Prohlídkou 2. lokality se dospělo k závěru, že právě 13ti patrový panelový dům vyhovuje dle požadovaných podmínek.

S vlastníkem objektu panelového domu na ulici Čelakovského 1594/2b jsme projednali a dohodli nájemní podmínky. Vlastník požadoval informace, jaký druh technického vybavení bude v jeho objektu nainstalován. Součástí podmínek bylo zřízení vlastního elektroměru od společnosti ČEZ pro odběr elektrické energie. Rozvodná skříň elektrické energie se nachází v prostorách

výtahové šachty, ve vzdálenosti 4 metry od půdních prostor. Napojení elektrické energie provedla oprávněná kvalifikovaná osoba. Bylo nutné předat podklady k řemeslným úpravám. Musela se provést revize zapojení. Ve smlouvě se společností MRA a.s. bylo dojednáno, že měsíční pronájem půdních prostor a střechy bude fixně tarifován částkou 2000 Kč.

Společnost Poda a.s. dle smlouvy zajistila na vlastní náklady pokládku strukturované kabeláže CAT6. Kroucená dvojlinka CAT6 se použila pro dostatečné dimenzování přívodní páteřní kabelové trasy. Z 21U Rack skříně, kde je umístěn konvertor optického a metalického vedení od společnosti Poda a.s. je vyvedena kroucená dvojlinka CAT6 v délce 10m. Kabel je sveden v nástěnných plastových lištách do námi instalovaného 15U Racku. Rack 15U je přichycen na nosnou zeď v levé horní části místnosti.

V Rackové skříně jsou umístěny aktivní prvky:

- Síťový směrovač - Alix 2D3 [34]
- Síťový přepínač - Cisco SD2005 5-port
- Stolní počítač – CPU Intel Pentium Core2Duo 3GHz, 8GB RAM, pevný disk 80GB SATA, DVD-ROM mechanika, zdroj Fortron 300W, integrovaná grafická karta, klávesnice, PCI-E LAN, operační systém Linux

Přívodní kabel konektivity se napojil do vstupního „eth1-Poda“ rozhraní směrovače Alix 2D3. Směrovač je připojen rozhraním „eth2-Krajní“ pomocí UTP CAT 6 do síťového směrovače v 1. portu. S druhým portem přepínače se propojil UTP kabelem CAT6 stolní počítač. Z třetího portu síťového přepínače byl vyveden FTP kabel Solarix CAT5e na střechu ke stožáru.

Výběr správného FTP kabelu byl důležitý pro uzemnění. Výrobci i obchodníci nesprávně zaměňují mezi sebou FTP a STP kabely. Protože FTP pro Ethernet má impedanci 100 ohm, zatímco STP mají impedanci 150 ohm a jsou určeny pro síť Token-Ring.

Strukturovaná kabeláž potřebná k vyvedení na střechu má délku 15 metrů. Na trase z 15U Racku se kabeláž umístila do nástěnných plastových lišt. V přechodu mezi půdním prostorem a střechou je kabeláž vložena do instalační univerzální trubky „husího krku“. Kabeláž v ochranné univerzální plastové trubce je ukončena u stožáru společné televizní antény. Na stožáru již byly umístěny antény a aktivní zařízení od jiných poskytovatelů bezdrátového internetu. Tito poskytovatelé, ale pokrývají městské části Podlesí a Město. Proto nejsou bezprostředně konkurenčními subjekty. Na stožár se ve výšce 2,5 metrů od podlaží střechy se umístila nosná konzole s třmenovým uchycením. Délka konzole 35 cm. Na konzoli se připevnila kompletní venkovní jednotka UBNT NanoBridge M5 včetně společné antény 2x 22dBi MIMO.

Jednotka se označila podle interní dokumentace R1_HA_KRAJNI_1_1. Zařízení se nasměrovalo severovýchodně na okrajový výškový panelový dům na ulici Krajní 2/A .

4.6 Návrh a realizace páteřní trasy Havířov - Albrechtice

4.6.1 Distribuční bod - Havířov, Krajní 1569/2a

V projektování sítě se počítalo s připojením obcí na okrajový panelový dům ve východní části statutárního města Havířova. Nabyté znalosti při hledání klíčového páteřního bodu se zúročily při výběru dalšího objektu. Spolupráce s Městskou realitní agenturou a.s. se ukázala být výhodná. S požadavkem na využití další výškového domu byly dotazy směřovány k ní. MRA a.s. po zvážení našich požadavků doporučila 12-ti podlažní panelový dům na ulici Krajní 1569/2a v městské části Podlesí.

Se správcem budovy byla provedena prohlídka objektu. Panelový dům je svoji polohou v příznivé lokalitě. Výška budovy je dostatečná, aby byla přímá viditelnost na vybudovaný páteřní spoj na ulici Čelakovského 1594/2b ve vzdálenosti 580 metrů vzdušnou čarou. Jihovýchodním směrem ze střechy je přímá viditelnost na rodinné domy postavené na kopci v městské části Životice. Severním směrem z panelového domu se nachází těžní věž hornického dolu František v Horní Suché. Panelový dům se stal strategickou polohou pro plánování a vybudování infrastruktury. Dům je po nedávné rekonstrukci, proto příprava pro vedení síťové kabeláže z půdních prostor na střechu nebude problematická. Stěžejní podmínky byly splněny. Se společností MRA a.s. byly domluveny podmínky pronájmu. Částka nájemného se dojednala totožná, jako u první nájemné smlouvy. Musel být namontován a řádně zkontrolován revizním technikem elektroměr. Rozvodné místo elektrické energie bylo 2 metry od místa montáže skříně s technickým vybavením. Elektřina se přivedla do potřebných prostor.

V panelovém domě nebylo potřeba provádět montáž Rackové skříně. Místo ní byla použita rozvodová plechová skříň TPR-3.

Aktivní zařízení ve skříně TPR-3:

- Síťový přepínač Cisco SD2005 5-port.
- Síťový směrovač RouterBoard 433AH – MT ROS v. 4.3 licence L5

Významu klíčového bodu sítě se přizpůsobilo technické vybavení. Směrovač RB433AH směřuje provoz přes Ethernet porty. Jeho význam je pro možnost vybudování záložních linek přes bezdrátové karty do miniPCI slotu. Strukturovaná kabeláž FTP CAT5e byla vybrána na propojení 2 venkovních jednotek UBNT. Do prvního portu RB433AH se napojil kabel vedený od zařízení R2_HA_CELAK_1_2, do druhého portu se napojila kabeláž od zařízení R2_HA_PAD_HRD_2_1. Kabeláž je vedena celou trasou skrz instalační univerzální trubku. Konečná délka použité kabeláže na všech propojovacích spojích byla 36 metrů. Svod kabeláže pro napájení 2 jednotek NanoBridge M5 s anténami 2x22dBi a 2x25dBi MIMO přes POE dosáhl délky 2x17m. Na střeše panelového domu je umístěn stožár, který neslouží pro společnou televizní anténu. Stožár se používá jako hromosvod. Jeho

uzemnění bylo nově namontováno při nedávné rekonstrukci. Využily se konzolové držáky pro montáž na stožár s délkou 20 cm. Každý držák se nasměroval správným směrem. Na držáky se umístila venkovní jednotka.

4.6.2 Distribuční bod – Havířov, Padlých Hrdinů 790/25

Aby se mohla napojit obec Albrechtice do páteřní sítě, potřebuje se spojit přes několik distribučních lokalit až do Havířova. Výběr správné budovy v městské části Životice byl proto nezbytně nutný. Oblast se rozkládá na Bludovickém kopci. V lokalitě není žádná výšková budova dominantní. Oblast je zastavěna pouze rodinnými domy. Obhlédnutím terénu se do výběrů zařadily 3 rodinné domy. Dům na adrese Havířov, Padlých Hrdinů 791/23 se z výběrů vyřadil. Majitel objektu neměl zájem o spolupráci. Další potencionální vybraný rodinný dům byl na adrese Havířov, Padlých Hrdinů 191/27a. Majitel souhlasil s možností umístění technického vybavení pro zřízení distribučního bodu. Po prohlídce možností přímé viditelnosti ze střechy domu se nemohlo s budovou počítat pro další projektování sítě. Nebyl zajištěn přímý výhled na východní břeh Těrlické přehrady. Potřebnou lokalitou pro vybudování infrastruktury byl zvolen rodinný dům v městské části Životice na adrese Havířov, Padlých Hrdinů 790/25 .

Ze střechy bylo zřetelně vidět na panelový dům Krajní 1569/2. Přímá vzdálenost vzdušnou čarou se u spoje změnila 1,86 km. Východním směrem ve větší vzdálenosti byly spatřeny budovy od Těrlické přehrady. Právě tyto budovy jsou přímo vidět z Albrechtic. Dohromady dávají zmíněné budovy koncepční infrastrukturu páteřní trasy. Na střeše je umístěn hromosvod. Volný prostor pro uchycení konzole byl značně stísněný. Na hromosvodu jsou namontovány 2 televizní síťové antény pro příjem terestriálního digitálního vysílání. Proto se po domluvě s majitelem stavby na hromosvod namontoval výložník s uchycovací tyčí. Délka uchycovací tyče 50cm. Na nový výložník se namontovaly v požadovaném směru 2 venkovní jednotky UBNT NanoBridge M5 s anténami 2x 25dBi MIMO. Jednotky se označily R3_HA_KRAJNI_2_2 směrována na panelový dům na ulici Krajní 1569/2. Silnější jednotka s označením R3_TE_BUDKY_3_1 byla otočena ve směru na budovy Těrlické přehrady ležící na kopcovité stráni v obci Těrlicko.

Největší problém byl nalezen v půdních prostorách. Do půdních prostor nebyla zavedena elektřina. Diskutovalo se s majitelem o 2 variantách technického zapojení. Jestli lze přivést na půdu elektřinu, nebo veškerou strukturovanou kabeláž FTP CAT5e natáhnout ze střechy přes půdu až do obytných prostor. Majitelem dal souhlas s druhou možností zapojení. Rozhodlo se o natažení 2 FTP kabelů od venkovních jednotek až do bytu. Nutné bylo na střeše zvětšit otvor pro kabeláž. Nový svazek kabelů se připojil k stávajícímu vedení televizních koaxiálních kabelů. V půdních prostorách se musel vyvrtat nový otvor do obytných prostor. V obytné místnosti se kabely umístily do nástěnné plastové lišty. Kabeláž byla vyvedena do síťového směrovače RB750GL. Majitel si do třetího portu síťového směrovače napojil svůj SOHO směrovač Asus WL-500G Deluxe pro lokální bezdrátovou síť.

Pro spotřebu elektrické energie nebylo potřeba zřizovat nový elektroměr. Spotřeba elektrické energie se započítá do stávající domácí rozvodné sítě. Majiteli rodinného domu za vstřícný postoj bylo nabídnuto bezplatné připojení bezdrátového internetu pro jeho osobní využití s rychlostí 2048/512 kbits⁻¹. Rozhodnutí bylo písemně sepsáno smlouvou.

4.6.3 Distribuční bod Těrlicko

Prvním distribučním místem pro oblast Pacalůvka v Albrechticích se musela nalézt na opačné straně Těrlické přehrady. Z albrechtických budov je zcela zřetelná přímá viditelnost na spoustu objektů v oblasti Dolního Těrlicka. Většina objektů na východní straně Těrlické přehrady je v zahrádkářských a chatových koloniích. Po zralé úvaze se nepřistoupilo k návrhu, aby byl páteřní spoj umístěn na střeše v rekreační oblasti. Klíčový faktor pro rozhodnutí nezpracovat chatovou oblast do koncepce byl opodstatněn tím, že se rekreační objekty stávají častou cílovou skupinou kriminálního živlu. Špatně zabezpečené technologické vybavení nepřicházelo v úvahu.

Při podrobném prozkoumání terénu se našly 2 budovy (GPS souřadnice 49°45'58.303"N, 18°31'2.658"E) na svahu protilehlého kopce. Ze svahu byl dostatečný výhled na Bludovický kopec, tak i do okrajových částí Albrechtic. Z katastru nemovitostí bylo zjištěno, kdo je majitelem objektu. Od vlastníka objektu společnosti OKD a.s. jsme se dozvěděli, že budovy spravuje státní podnik Povodí Odry. Po projevení zájmu a nastínění podnikatelského zájmu, nám byl povolen vstup na střechu výše položené budovy. Budova, kde se v útrobách nachází strojovna, má správné umístění. Výhled je na všechny budovy potřebné k výstavbě páteřního spoje. Budova s rovnou střechou ve výšce 5 metrů od země neměla žádnou přípravu pro montáž technického vybavení.

Při projektování se s vlastníkem objektu probírala možnost upevnění stožáru. Jednodušší pro montáž i pro nenarušení objektu se upřednostňovala montáž stožáru typu trojnožky na dlaždice. Výška stožáru 2m s možností nadstavení dalším stožárem o výšce 2 metry. Snadný přístup na střechu nebyl vhodný pro volně položený stožár. Riziko odcizení stožáru se jeví jako vysoké. Proto byl vybrán další návrh s použitím stožáru na zeď. Po předložení nezbytných dokumentů, byl schválen náš záměr s umístěním propojovacího místa. S kladným stanoviskem majitele objektu pro montáž stožáru se stožár nechal na zakázku vyrobit. Stožár o délce 5 metrů se stupačkami a s pevnými úchyty na zeď. Montáž byla provedena na zeď na západní straně budovy. Nutností bylo vyvrtat 4 otvory pro stožár a 1 otvor pro strukturovanou kabeláž. Uchycení stožáru je velmi stabilní, zeď má tloušťku 45 cm. Ve strojovně se umístila rozvodová plechová skříň TPR-3. Je namontována, na západní zdi z vnitřní strany objektu, v blízkosti ukotvení stožáru, ve výšce 1,8 metrů od podlaží. Ve skříni je umístěn síťový směrovač RB750GL. Venkovní jednotky pro spoj jsou použity 2x UBNT NanoBridge M5 s anténami 2x 25dBi MIMO 5GHz. Použité strukturované kabeláže FTP na zasíťování bylo potřeba 2x10 metrů. Cena nájmemného se stanovila na 1000 Kč měsíčně včetně spotřeby elektrické energie.

Nad svahem je stromořadí vysokých topolů a sloup vysokého napětí. Aby byla zajištěna bezpečnost instalace, bylo nezbytné stožár uzemnit. Díky absenci hromosvodu se stal namontovaný stožár nejvyšším místem na budově. Uzemnění stožáru vykonala pověřena a kvalifikovaná osoba. Zapojení bylo řádně zkontrolováno a schváleno revizním technikem.

4.6.4 Distribuční bod – Albrechtice, Životická 399

V Albrechticích v místní části Pacalůvka byl zvolen přístupový bod na střeše rodinného domu v ulici Životické 399. Dům se nachází na nejvýše zastavěném území v lokalitě. Dům je jeden z mnoha v řadě zástaveb, které lemují jediný hlavní silniční tah obcí. Ze střechy je vidět do širokého okolí. Níže postavené domy mají dobrou viditelnost na tento distribuční bod. Na šikmé střeše je upevněn hromosvod s 1 směrovou televizní anténou a 3 anténami pro WiFi v pásmu 5,45-5,7GHz. Místo pro umístění nové venkovní jednotky s anténou se podařilo zajistit. Na stožáru je nejnižší umístěná venkovní jednotka UBNT NanoBridge M5, anténa 2x 25dBi, MIMO 5GHz. Plní roli pro příjem konektivity. Je směrována jihovýchodním směrem na vysílač do Těrlicka. Jednotka byla označena R4_TE_BUDKY_4_2. Již instalované 3 bezdrátové spoje slouží pro rozvětvení konektivity po lokalitě Pacalůvka. Každý spoj je směrován na jinou světovou stranu (západ, jih, východ). Pro spoje je použito zařízení Mikrotik RB433 s 3 slotama pro miniPCI bezdrátové karty. Bezdrátové karty se používají Complex WLM54AG-6A s čipovou sadou Atheros AR5413. ROS v. 4.11. Směrové antény jsou použity Jirous JRC-24.

4.6.5 Přístupové body v Albrechticích

V projektování se do návrhu sítě zakomponovaly následující lokality:

- Přístupový bod – Albrechtice, Životická 256
- Přístupový bod – Albrechtice, Rybářská 485
- Přístupový bod – Albrechtice, Životická 330

Pro firmu byly tyto 3 body klíčové a musely se do návrhu zakomponovat. Protože přístupové body již byly v provozu před návrhem mé topologie. Body jsou propojené technologií 802.11a. Na bodech bylo zastaralé technické vybavení v pásmu 2,4GHz pro konektivitu klientů. Proto se vytvořil návrh na modernizaci technického vybavení pro vysílací bod a připojení klientů.

Technické vybavení přístupových bodů:

- Páteří spojení:
 - anténa Jirous JRC-24
 - gentlebox JE 300
 - Mikrotik RB433 + ROS 4.11
 - bezdrátová karta CM9

-
- Vysílač:
 - UBNT Nanostation M5
 - Klienti:
 - UBNT Nanostation M5

4.7 Návrh konektivity pro obec Horní Suchá

ISP má v horizontu několika měsíců rozšířit svoji síť do dalších obce v okolí města Havířova. Vzhledem k rozloze obce se muselo posoudit, v jakých objektech je možné zřídit přípojný body. Zjišťovaly se informace o lokalitách budov a vlastnických právech. Mnou navržené lokality.

Seznam míst konektivity v Horní Suché:

- Distribuční bod – Horní Suchá, těžní věž (SKIP)
 - GPS souřadnice: 49°48'18.419"N, 18°28'25.904"E
- Přístupový bod – Horní Suchá, Těrlická 407

Vzhledem k zarušenému prostředí, není možné vždy použít páteřní spoje v pásmu 5GHz. S potřebou kvalitního a stabilního páteřního spoje mezi Havířovem a Horní Suchou, byl vybrán mikrovlnný spoj v pásmu 10,5GHz. Vzdálenost mezi body R2 a R9 je 3,3 km vzdušnou čarou. Technologii pro páteřní spoj s vysokou přenosovou rychlostí se vybral Alcoma AL10 MP165. Technické parametry spoje jsou doloženy v příloze D. Anténa většího průměru bude umístěna na SKIPu v Horní Suché z důvodu lepší montáže na stožár. Montáž a SLA bude zajištěna v rámci smlouvy firmou Alcoma a.s. Technologie pro páteřní spoj v obci, přístupové body a klienty se bude využívat v pásmu 5,47 – 5,7 GHz od firmy UBNT.

4.8 Návrh konektivity pro obec Soběšovice a Lučina

Seznam míst konektivity pro oblast Soběšovice a Lučina:

- Distribuční bod – Havířov, Želivského 1345/10
- Distribuční bod – Havířov, Na Kempách 332/17
- Přístupový bod – Soběšovice, vodojem
 - GPS souřadnice: 49°43'54.617"N, 18°27'37.935"E

Konektivitu pro obce Soběšovice a Lučina je potřeba zajistit přes 2 distribuční místa. S ohledem na odlehlost míst nepočítám s velkým nárůstem klientů. Proto páteřní spoje mohou být postaveny v 5GHz síti. Síť bude navržena v jednotné platformě MikroTik s protokoly Nstream a NStream Dual. Spoj z R1 do R11 a z R11 do R12 bude možné realizovat v Mikrotiku protokolem NStream. Poslední spoj z R12 do R13 je potřeba vytvořit v Nstream Dual. Při koncepci v Nstreamu

lze přenášet v pásmu 5GHz rychlost do 45 Mb s^{-1} , viz příloha E. Rychlost je optimální pro vytvoření páteřní trasy mezi 2 distribučními body z R1 do R12. Vzdálenost rodinného domu v Havířově a vodojemu v Soběšovicích je přímou čarou 3,6km. Vzdálenost je větší, proto se přistoupilo k návrhu s protokolem NStreme Dual s možnou rychlostí až k 65 Mb s^{-1} , viz příloha F. Když budou umístěny antény a aktivních prvky na vodojemu, tak ne vždy k němu bude povolen vstup. Proto poslední páteřní spoj dimenzuji na vyšší provoz, než předchozí. Pro přístupové body a koncové klienty je vhodné použít UBNT Nanostation M5. Bude potřeba k instalaci koaxiální kabel LLC400, nebo RF240TriLAN závislé to na konektoru antény. K zařízením UBNT je potřeba FTP Cat5e.

- Technologie páteřního spoje R1-R11
 - Antény: 2 x Tyhan PU445 LEM SM 24dBi
 - WiFi karty: 2 x CM9 – IEEE 802.11a
 - Routerboard RB433AH + MT ROS 5.15
- Technologie páteřního spoje R11-R12
 - Antény: 2 x Tyhan PU445 LEM SM 24dBi
 - WiFi karty: 2 x CM9 + 1x redukce RB11 do PCI slotu
 - Hardware: PC x86 1,1GHz Intel Penitum III, 512MB, CF karta 4GB + redukce do IDE + MT ROS 5.15
- Technologie páteřního spoje R12-R13
 - Antény: 2 x Jirous JRC-24DuplexEX-SMA
 - WiFi karty: 4 x CM9 + 2x redukce RB11 do PCI slotu
 - Hardware: RouterBoard RB433AH + MT ROS 5.15
 - GentleBox JE-300

4.9 Nastavení výkonu WiFi

Při nastavování vysílacího výkonu se musí striktně dodržet normy předepsané všeobecným oprávněním VO-R/12/09.2010-12. Omezení umožňuje maximální vyzařovací výkon EIRP v bezlicenčním venkovním pásmu 5475 – 5725 MHz na hodnotu 30dBm v případě, že WiFi zařízení disponuje automatickou regulací. Pokud se vyzařovací výkon nastaví na pevnou hodnotu, musí se vyzářený výkon snížit od 3dB a disponovat maximální hodnotou vysílaného výkonu 27dBm.

Bezdrátový spoj R1_HA_KRAJNI_1_1 / R2_HA_CELAK_1_2

- Vzdálenost: 580m
- Antény: Směrové 2x22dBi
- Aktivní zařízení: UBNT Nanobridge M5
- Maximální výstupní výkon: 8dBm / 8dBm

-
- Nejlepší možná přijímaná úroveň: -51dBm / -51dBm
 - Poloměr fresnelové zóny: 2,8m
 - Azimut: 40° / 220°

Bezdrátový spoj R2_HA_PAD_HRD_2_1 / R3_HA_KRAJNI_2_2

- Vzdálenost: 1860m
- Atény: Směrové 2x25dBi
- Aktivní zařízení: UBNT Nanobridge M5
- Maximální výstupní výkon: 5dBm / 5dBm
- Nejlépe možná přijímaná úroveň: -58dBm / -58dBm
- Poloměr fresnelové zóny: 5m
- Azimut: 146° / 326°

Bezdrátový spoj R3_TE_BUDKY_3_1 / R4_TE_PAD_HRD_3_2

- Vzdálenost: 3550m
- Atény: Směrové 2x25dBi
- Aktivní zařízení: UBNT Nanobridge M5
- Maximální výstupní výkon: 5dBm / 5dBm
- Nejlépe možná přijímaná úroveň: -63dBm / -63dBm
- Poloměr fresnelové zóny: 6,9m
- Azimut: 267° / 267°

Bezdrátový spoj R4_ALB_ZIV399_4_1 / R5_TE_BUDKY_4_2

- Vzdálenost: 1660m
- Atény: Směrové 2x25dBi
- Aktivní zařízení: UBNT Nanobridge M5
- Maximální výstupní výkon: 5dBm / 5dBm
- Nejlépe možná přijímaná úroveň: -57dBm / -57dBm
- Poloměr fresnelové zóna: 4,7m
- Azimut: 308° / 128°

Z hlediska správně zvoleného hardwaru pro páteřní trasu, je potřeba ověření hodnot výpočtem. Protože je nutné počítat se změnou klimatických podmínek. Spoje musí mít rezervu pro možné zhoršení signálu v zachované propustné rychlosti. Výpočet bude odvozen pro nejvzdálenější spoj na trase Havířov – Albrechtice, konkrétně spoj R3_TE_BUDKY_3_1 / R4_HA_PAD_HRD_3_2.

Vzorec pro výpočet balance radiokomunikační trasy:

$$Pr = Pt + Gt + Gr - Lo - Lt - Lr - Rez \quad (4.1)$$

- $Pt[\text{dBm}]$ – výstupní výkon WiFi karty
- $Gt[\text{dBi}]$ – zisk vysílací antény
- $Gr[\text{dBi}]$ – zisk přijímací antény
- $Lo[\text{dB}]$ – ztráty vlivem šíření volným prostorem
- $Lt[\text{dB}]$ – ztráty anténního svodu na vysílací straně
- $Lr[\text{dB}]$ – ztráty anténního svodu na přijímací straně
- $Rez[\text{dB}]$ – rezerva

Výpočet Ztrát vlivem šíření volným prostorem:

$$Lo = 20 * \log\left(\frac{4 * \pi * R}{\alpha}\right) \quad (4.2)$$

$$Lo = 20 * \log\left(\frac{4 * \pi * 3550}{0,054}\right) = 118,34\text{dB} \quad (4.3)$$

- $R[\text{m}]$ = vzdálenost mezi rádiovými spoji
- $\text{Lambda}[\text{m}]$ = vlnová délka, 0.054 (frekvence 5580MHz) [21]

Výpočet EIRP:

- $EIRP_{\text{max}}[\text{dB,W}]$ – maximálně ekvivalentně izotropický vyzářený výkon
- $EIRP_{\text{max}} = 30\text{dBm}$ (1W)

$$EIRP = Pt + Gt + Lt = 5 + 25 + 0 = 30\text{dBm} \leq EIRP_{\text{max}} \quad (4.4)$$

Výpočet zisku antény přijímací strany R4_TE_BUDKY_3_2

$$GR_{\text{max}} = Pr_{\text{max}} - Gt + Lo + Lr + Lt + Rez \quad (4.5)$$

$$Gr = -75 - 5 - 25 + 118,34 + 0 + 0 + 4 = 17,34\text{dBi} \quad (4.6)$$

Výpočet balance radiokomunikační trasy:

$$Pr = 5 + 25 + 25 - 118,34 - 0 - 0 - 4 = -67,34\text{dBm} \quad (4.7)$$

Výpočet poloměru Fresnelovy zóny:

$$r = 8.657 * \sqrt{\frac{l}{f}} = 8.657 * \sqrt{\frac{3.55}{5.68}} = 6,84 = 6,9 \text{ m} [36] \quad (4.8)$$

- r [m] = poloměr Fresnelovy zóny
- l [km] = vzdálenost bezdrátového spoje
- f [GHz] = kmitočet

Fresnelovou zónu je důležitých prvních 60%: $6,9 * 0,6 = 4,14 = 4,2$ m. Tato oblast nesmí být narušena, jinak spoj nebude stabilní. V případě narušení 2. Fresnelovy zóny (zbylých 40%) se na spoji zhorší latence a je možná ztrátovost paketů.

Parametry WiFi spojů:

- ACK – určuje parametr vzdálenosti. Nutno nastavit pro stabilní spoj. Není specifikován přesný obecný vzorec pro výpočet ACK. Mnou použitý vzorec vychází z praxe CZFree.

$$ACK = 21 + \frac{L}{150} = 21 + \frac{3550}{150} = 44,66 = 47 \quad (4.8)$$

- CCQ – zobrazuje kvalitu spojení klienta. Nesmí poklesnout pod 90%, pak se zvyšuje latence a snižuje přenosová rychlost. Procenta zobrazují, jak efektivně klient používá fyzickou vrstvu vzhledem k teoretickým maximům.

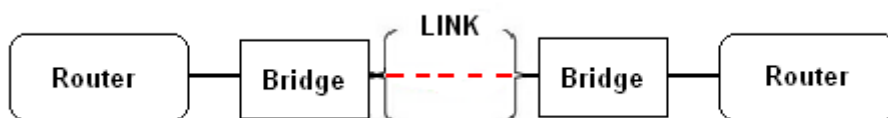
Pro přijímací stranu R4_HA_PAD_HRD_3_2 je možné použít anténu s výkonem 18dBi. Jelikož se zařízení UBNT Nanobridge M5 prodává pouze ve specifikaci s anténou 22dBi a 25dBi, doporučuji použít silnější s ohledem cena vs. výkon. Ve výpočtech je kalkulováno s rezervou 4dB. I přesto má spoj rezervu 8dBm k nejlepší přijímací úrovni MSC15. Teoretické výpočty představují nejlepší možnou situaci bezdrátového spoje. V reálném zapojení může dojít vlivem rušení okolních sítí k zhoršení. Nikdy nemůže nastat, že by v praxi bylo dosaženo lepších výsledků, než které jsou vypočteny. Vypočtený spoj je nastaven na maximální povolený limit EIRP 30dBm, protože zařízení UBNT Nanobridge M5 umožňuje automatickou regulaci výkonu. Limity stanovené ČTÚ jsou splněny. Výpočet byl proveden pro nejdelší spoj z Havířova do Albrechtic. Proto i zbylé kratší na stejné páteřní trase nakonfigurované dle výše uvedených hodnot budou provozuschopné a splňující všechna nařízení ČTÚ. Spoj se reálně otestoval datovou průchodností TCP protokolu za pomoci programu jperf 2.0.2. Spojení se vytvořilo mezi notebook na distribučním bodě R5_ALB_ZIV399 a notebookem umístěným v centrálním bodě R1_HAV_Celak. Změřený výsledek je zobrazeny v příloze I.

5 Koncepce síťové návrhu

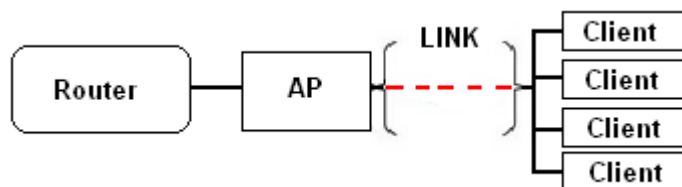
5.1 Síťové adresování IPv4

Základním stavebním prvkem směrované sítě je dobře zvolen síťový adresní plán. Od poskytovatele konektivity byl přidělen rozsah veřejných IP adres: 92.242.126.0/25. K dispozici je 128 veřejných IP adres. Při již plně nedostačujícím veřejném adresním rozsahu IPv4, se veřejné IP adresy budou přidělovat až výhradně na požádání klientům, pokud to bude potřeba. Adresování uvnitř ISP sítě bude vytvořeno z neveřejných IP adres. I přesto, že lze na adresování sítě použít masku konstantní délky, vybrala se metoda VLSM. Páteřní spoje se konfigurují s maskou podsítě /29. Přístupové body disponují maskou /26 a /25. Použití 2 masek je z důvodu dimenzování sektorové pokrytí. Aby se předcházelo problémům s množstvím klientu na aktivních prvcích.

Schéma zapojení navrhnuté infrastruktury a celkový adresní plán je umístěn v příloze A. Směrovače jsou kaskádně za sebou řazeny z důvodu překlenutí vzdálenosti a nemožnosti přímého spojení pro kruhové zálohování. Redundantní spoj, který je možná sestavit, se nachází mezi směrovači R3 a R9. Je navrhnut, jako záložní linka pro Albrechtice. V případě nefunkčnosti trasy R2 a R9 může být použit jako záložní větev konektivity do Horní Suché. Směrování probíhá na 1 platformě v celé síti. Platformou byl zvolen Mikrotik Router OS. Pro PTP body se vybrala technologie UBNT Nanostation M5. UBNT zařízení musí být nastaveny v módu WDS AP a WDS client. Pouze toto nastavení zajistí plně transparentní linku. Jinak by nebylo možné přenášet OSPF v zařízeních UBNT.



Obr. 5.1 Schéma páteřní trasy



Obr. 5.2 Schéma přístupového bodu

5.2 Traffic Shaping

Lokální shaping, který je nasazen přímo u klienta nebo na nejbližším přístupovém bodě má výhodu menší zátěže. Proto směrovač nepotřebuje k filtraci velkou kapacitou výpočetního výkonu. Nevýhody spatřuji, pokud se používají agregované linky. Při agregaci je potřeba mít v 1 agregační skupině dostatečný počet klientů. Nejde technicky zajistit agregaci 1:10 pro 3 koncové uživatele na přístupovém bodě. Proto se agregační linky shlukují na 1 centrální bod, např. v rámci města.

Centrální shaping je představen jedním směrovačem, který shromažďuje veškerý QOS provoz na jednom místě v síti. Pro jeho výpočetní nároky je nesmírně důležité vybrat dostatečně výkonný hardware. Tímto bodem prochází veškerý provoz sítě. Musí být dobře zálohován, jinak by při výpadku došlo k výpadku celé sítě.

Uživatelé mají zájem využívat internet kdykoliv, nebýt nijak omezování. Prvotní smysl webové služby, který rozšířil Internet do domácnosti, už není nejdůležitější službou. Se stále rostoucí rychlosti konektivity mají uživatelé potřebu si sdílet data přes P2P sítě. Tyto sítě jsou velkým nepřítelem ISP. Proto je zapotřebí označit datový provoz jednotlivých služby.

5.2.1 QOS

QoS představuje kombinaci parametrů jako ztrátu paketů, zpoždění a jeho kolísání, na něž jsou různé typy provozu různě citlivé. Ztrátu paketů typicky způsobí zahlcení výstupních spojů směrovačů nebo přepínačů, které pak nemohou odbavovat příchozí pakety dostatečně rychle, fronty ve vyrovnávacích pamětech přetečou a další pakety musí být zahozeny. Dalším důvodem ztrát může být nízká kvalita signálu v bezdrátových sítích, nebo dlouhé zpoždění (např. v satelitních sítích) vyvolávající dojem nedoručení paketů. Aplikace využívající transportní protokol TCP dokážou tolerovat určité ztráty paketů, protože se mohou spolehnout na jejich opětovné vyslání. Naproti tomu dnes tolik populární aplikace v reálném čase (např. hlasová konverzace nebo živé video) používají UDP, protože jim pozdější doručení paketů nevadí.

Latence je doba, kterou paketu trvá dostat se od zdroje k příjemci, tedy absolvovat celou cestu sítě mezi koncovými zařízeními. Zpoždění se skládá ze spočitatelného zpoždění způsobeného kódováním a paketizací (přípravou paketů pro přenos médiem), přenosového zpoždění (přesun paketu médiem) a z měřitelného aktuálního zpoždění ve frontě na odbavení a zpoždění při přepínání v síti (nalezení další cesty v síti a odpovídajícího výstupního portu směrovače).

Doba čekání ve vyrovnávacích pamětech se velmi liší podle zátěže sítě, daného spoje a portu, daného zařízení (přepínač, směrovač) a zejména podle jeho vnitřní architektury. Dlouhé fronty a pomalé zpracování vedou k vyššímu zpoždění. Příliš krátké fronty způsobují ztrátu paketů, protože nově přicházející pakety se do fronty již nevejdou. Kvalitní směrovače a přepínače používají

architekturu bez vzájemného blokování portů. Příchozí paket může být ihned odbaven na výstupním portu a nemusí čekat ve frontě na vstupním portu zbytečně za jiným paketem, který čeka na odbavení na obsazený výstupní port. Délka front vyrovnávací paměti na třídu QoS je staticky konfigurovatelná podle potřeby.

Pakety nemusí v rámci dané konverzace přicházet všechny se stejným zpožděním, ve stejných intervalech, což je nejhorším nepřítelem hlasových služeb a musí se řešit speciálními vyrovnávacími pamětmi. Toto kolísání zpoždění vzniká zejména v agregačních místech sítě, kde se spolu mísí různé toky od jediného výstupu.

Na ztrátovost paketů je extrémně citlivé video, které je zase méně citlivé na zpoždění a jeho kolísání, kdežto hlas přežije sice vyšší ztrátovost, ale vadí mu zpoždění (jednosměrné zpoždění musí být pod 150 ms) a zejména jeho kolísání (posluchač je nepříjemně vnímá jako odmlky a výpadky v konverzaci po IP síti). Tolerance vůči ztrátě paketů závisí také na použitém kodeku. Živé video má navíc ještě nároky týkající se šířky pásma, protože ze všech typů provozu vyžaduje největší přenosovou kapacitu sítě (podle použité komprese od desítek Mbits⁻¹ po jednotky Gbits⁻¹). [22]

5.2.2 Mangle – značkování paketu

V systému ROS je možné zachytávat spojení a značkovat pakety. Označit pakety jde podle počtu spojení s asociovanou IP adresou. Značení lze i podle vybrané služby, kterou koncový uživatel využívá. Značkování se provádí výhradně v rámci 1 směrovače. Není možné přenášet značky v hlavičce paketu ke zpracování v dalších směrovačích.

Konfigurace se provede v záložce *IP/Firewall/Mangle*. Dokumentace nastavení je zobrazena na Obr. 5. 3. Nacházejí se zde prvky, které umožňují zachytávání datového provozu. Pro sledování provozu koncového zákazníka je potřeba označkovat IP adresu ve směru uploadu a downloadu. Značení se provede výběrem z možností postrouting, prerouting, nebo forward. Výběr správné možnosti, kdy paket označkovat při průchodu směrovačem, je velmi důležitý. Označený paket se zpracovává ve Firewallu a QOS. V rámci návrhu se spojily služby Firewall, NAT a QOS na 1 centrální bod R1_HAV_Celak. Zvolený způsob sjednoceného NAT a QOS v 1 zařízení má za následek výběr pouze omezeného nastavení správy. Omezení nemá vliv na přiřazení priority a jejich třídění. Není možné využít všechny funkce, které ROS nabízí. V rámci spojení je potřeba v Queue Tree pracovat pouze s global-out. Důsledkem toho se automaticky zablokovala možnost řízení provoz přes global-in. Pro zachytávání paketů se využila možnost forward. Pakety procházející skrz směrovač, vždy budou postupovat tímto bodem. Je potřeba označit směr uploadu a downloadu.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Pr...	Sr...	D...	Pa...	Connection Mark	New Packet Mark	New Conne...	Bytes	Packets
5	mark packet	forward		192.168.1.102						1.102_down		4723.5 MiB	5 642 589
2	mark packet	forward		192.168.1.104						1.104_dw		2231.1 MiB	1 607 815
1	mark packet	forward						P2P_spojeni	P2P			1162.5 MiB	1 305 275
0	mark connection	forward		192.168.1.0/24						P2P_spojeni		1162.5 MiB	1 305 275
13	mark packet	forward		192.168.1.147						1.147_dw		1112.7 MiB	1 719 655
4	mark packet	forward	192.168.1.102							1.102_up		166.9 MiB	2 647 028
6	mark packet	forward	192.168.1.147							1.147_up		157.2 MiB	1 661 851
3	mark packet	forward	192.168.1.104							1.104_up		40.1 MiB	863 801

Obr. 5.3 Označení paketu v IP/Firewall/Mangle

Priorita služeb pomůže s plynulou propustností dat uvnitř sítě. Podstatné je, že každý koncový zákazník má možnost sám se rozhodnout, k jakým účel internet využije. Nelze zcela přesně předem určit služby, které zákazníci budou využívat. Ale je možné stanovit na základě dostupných informací, které služby jsou využívány na Internetu nejčastěji. Priorita provozu se stanovuje v rozmezí 1 – 8 na rozhraní připojeném k síti Internet. Ohodnocení prioritou se stanovuje vzestupně od nejvíce důležitého provozu po nejméně důležitý provoz. Označení komunikace webových služeb se nastavuje rovněž v *IP/Firewall/Mangle*. Nastavení priorit služeb se nastaví v záložce *Queues/Queue Tree*. S ohledem na datový provoz procházející skrz směrovač, bylo nutné rozdělit služby do 5 skupin s odlišnou prioritou. Detailní popis skupin se nachází v příloze, tabulka C.

Skupiny:

- Vyznamne_sluzby = priorita 1
- On-line_hry = priorita 3
- On-line_komunikace = priority 4
- Internetove_sluzby = priorita 6
- P2P_programy = priorita 8

Nejméně přínosným datovým provozem pro režii sítě jsou P2P programy. P2P sítím se nastavily nejnižší priorita provozu. U značky se nastavuje specifická vlastnost maximálního počtu spojení a maximální přenosové rychlosti. Počet spojení se stanovilo na 20 a maximální rychlost byla omezena na 1024kbps⁻¹. Provoz označených paketů spojení P2P je možné shlednout v *IP/Firewall/Connection* viz Obr. 5.4.

	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Connection T...	Connection Mark	P2P	Timeout	TCP State
A	192.168.1.43:50057	94.65.134.184:16824	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	00:02:22	established
A	192.168.1.43:50704	93.173.27.158:43467	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	04:52:38	established
A	192.168.1.43:50958	84.100.201.8:59696	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	04:52:34	established
A	192.168.1.43:51017	78.248.237.78:41646	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	00:02:22	established
A	192.168.1.43:51156	83.4.127.174:49864	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	00:02:22	established
A	192.168.1.43:51194	115.186.124.229:14...	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	00:01:15	time wait
A	192.168.1.43:51229	122.143.6.137:29180	6 (tcp)		P2P_spojeni	bit-torrent	00:01:47	time wait

Obr. 5.4 Zachycený P2P provoz v IP/Firewall/Connections

5.2.3 Queues

Podstatnou vlastnost, kterou ovlivní výběr je typ fronty. Fronty se uplatňují jen na nejnižších místech ve struktuře síťového stromu. Mají na starost řízení toku dat pro podsítě, nebo konkrétní cílové IP adresy. V distribuci ROS je umožněn výběr z 5 typu front v záložce *Queue/Queue Types*. Fronty se dělí na ty, které seskupují data a vytváří buffer a zbylé ořezávají a dělí rychlosti.

BFIFO a PFIFO

Pakety se posílají v pořadí, v kterém do fronty dorazily. Způsob není vhodný pro shapování. Nelze rozdělit pakety na prioritní. Dochází k velkému shluku dat na lince a tím se zvyšuje časová odezva. Základní tovární nastavení.

RED

Podle vypočtených statistik snižuje zátěž, kterou provádí zahazováním paketů. Tím zabraňuje zahlcení linky. Když se datový provoz přibližuje své nejvyšší hodnotě, zahazování paketů je intenzivnější. Metoda nepracuje s žádnými prioritami provozu, ale udržuje průchodnost s co nejnižším zpožděním linky. Možné využití u páteřních spojů.

SFQ

Algoritmus zajišťuje rovnoměrné využití sítě napříč všemi datovými toky. Zajišťuje stejnou datovou propustnost mezi různými spojeními. Používá k rozdělení TCP spojení a UDP proudů do více front hashovací funkce. Zpracování řídí algoritmus round robin. Důsledkem více spojení není zahlcená linka, ale fronty se řídí cyklicky.

Jsou rozeznatelné jednotlivé datové toky a každému přidělí virtuální frontu. Pak je cyklicky obsluhuje tak, aby se na každý z nich dostalo rychlosti. Parametr *perturb* je čas, kdy se kontroluje počet datových toků a vytvoří se úměrně virtuální frontě. K přepočtu dochází podle stanovené hodnoty.

PCQ

Algoritmus vyvinut společností MikroTikem pro správu sítě. Napomáhá k řízení datových toků. PCQ je obdoba QT stromu, ale vytváří se automaticky. Všichni si jsou rovni a všichni se dělí rovným dílem o jednu rychlost.

5.2.4 Queue Tree

S ohledem na označené pakety je potřeba vytvořit strom pro fronty. Strom se tvoří od rozhraní konektivity ke koncovým uživatelům. Strom lze sestavit různými způsoby, záleží na dohodě administrátorů.

Jednou z možností je použít frontu PCQ, pro zajištění funkčního stavu sdílené linky. Vhodné pro konektivitu mezi více zákazníky se stejnou rychlostí připojení. Sestaví se strom od hlavní konektivity po skupinu zákazníků. Nejnižší pozici je u tohoto typu stromu skupina zákazníků sdílejících stejnou rychlost. Nastavení zobrazeno v Obr. 5.5. Pro každou skupinu uživatelů se vytvoří v Queue Type 2 nové fronty. Samostatně pro upload PCQ_up_X_gY. A druhá skupina pro stahování PCQ_dw_X_gY. Kde X značí rychlost připojení a symbol Y je číslo skupiny. Označují se pakety pro příslušné skupiny v Mangle. IP adresy zákazníků jsou přiřazeny do skupin přes *IP/Firewall/Address Lists*. V QT se vytvoří struktura stromu rozdělená na upload a download. Vyplní se parametry přenosové rychlosti Limit At a Max limit. Limit At zajišťuje minimální garantovanou rychlost, pod kterou nikdy spojení nepoklesne. Max At udává maximální možnou rychlost spojení.

The image shows two screenshots from the Mikrotik WinBox interface. The top screenshot displays the 'Queue List' window with the 'Queue Tree' tab selected. It shows a list of queue types: PCQ_dw_2M and PCQ_up_512K. Two 'Queue Type' configuration windows are overlaid. The first window, for 'PCQ_dw_2M_g1', shows a rate of 2250k, a limit of 50, and a total limit of 2000. The second window, for 'PCQ_up_512K_g2', shows a rate of 580k, a limit of 50, and a total limit of 2000. Both windows have the 'Classifier' set to 'Src. Address'. The bottom screenshot shows the 'Queue List' window with the 'Queue Tree' tab selected, displaying a tree structure of queues. The tree starts with 'A_Pcq_DW' as the root, which branches into 'Group1_2M_dw' and 'Group2_1M_dw'. 'A_Pcq_UP' is also shown as a root, branching into 'Group1_512K_up' and 'Group2_256K_up'. The table below shows the configuration for these queues.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queued Byt...	Bytes	Packets
A_Pcq_DW	global-out		60M	60M	12.9 Mbps	0 B	29.7 GiB	35 837 232
Group1_2M_dw	A_Pcq_DW	group1_2M/512k		30M	8.2 Mbps	0 B	17.1 GiB	21 924 500
Group2_1M_dw	A_Pcq_DW	group2_1M/256k		15M	4.7 Mbps	0 B	12.6 GiB	13 912 732
A_Pcq_UP	global-out		35M	35M	576 bps	0 B	129.9 GiB	2 120 452
Group1_512K_up	A_Pcq_UP	group1_2M/512k		10M	576 bps	0 B	83.5 MiB	1 227 898
Group2_256K_up	A_Pcq_UP	group2_1M/256k		3M	0 bps	0 B	46.4 MiB	892 554

Obr. 5.5 Nastavení Queue Tree pomocí fronty PCQ

Přiřazování rychlostí koncovým uživatelům probíhá při vytváření fronty PCQ. Linku je potřeba dimenzovat tak, aby nedošlo k jejímu 100% využití. V návrhu se musí počítat s rychlostí o 10-15% více, než je nabízena rychlost zákazníkovi. Navýšení se provádí kvůli režii záhlaví TCP paketů. Poměr mezi parametry Total Limit a Limit označuje maximální množství klientů v 1 sdílené lince. V navržené síti bude moci stahovat na 2M lince najednou až 14 osob, než dosáhne linka maximálního využití. Při dovršení maximálního limitu linky se aplikuje fronta PCQ, která zátěž rovnoměrně rozdělí mezi všechny uživatele a sníží přenosovou rychlost všem stejně. Aby na společné lince stahovalo více jak 14 uživatelů současně, je malé procento. Proto uplatnění agregace není nijak časté.

Druhou metodou pro sestavení QT stromu je možnost si kompletně celý strom rozložit na více podskupin. Nejnižším prvkem ve frontovém stromu je IP adresa koncového uživatele. Pokud se zvolí tento způsob, je nutné znát dobře kompletní přenosové rychlosti sítě. Graf se větví do skupiny počínaje od bodu konektivity – páteřní spoj – přístupové body – koncoví uživatelé. Díky tomu lze mít jasný před o každém uživateli, jak využívá potenciál svého připojení. Tvoří se 2 stromy front pro download a upload. Jejich struktura je totožná. Na Obr. 5.6 lze vidět strom pro Downloadu s možnostmi vytížením. Žlutě označený zákazník vytěžuje svoji linku z poloviny. Červeně označený zákazník využívá linku na plno.

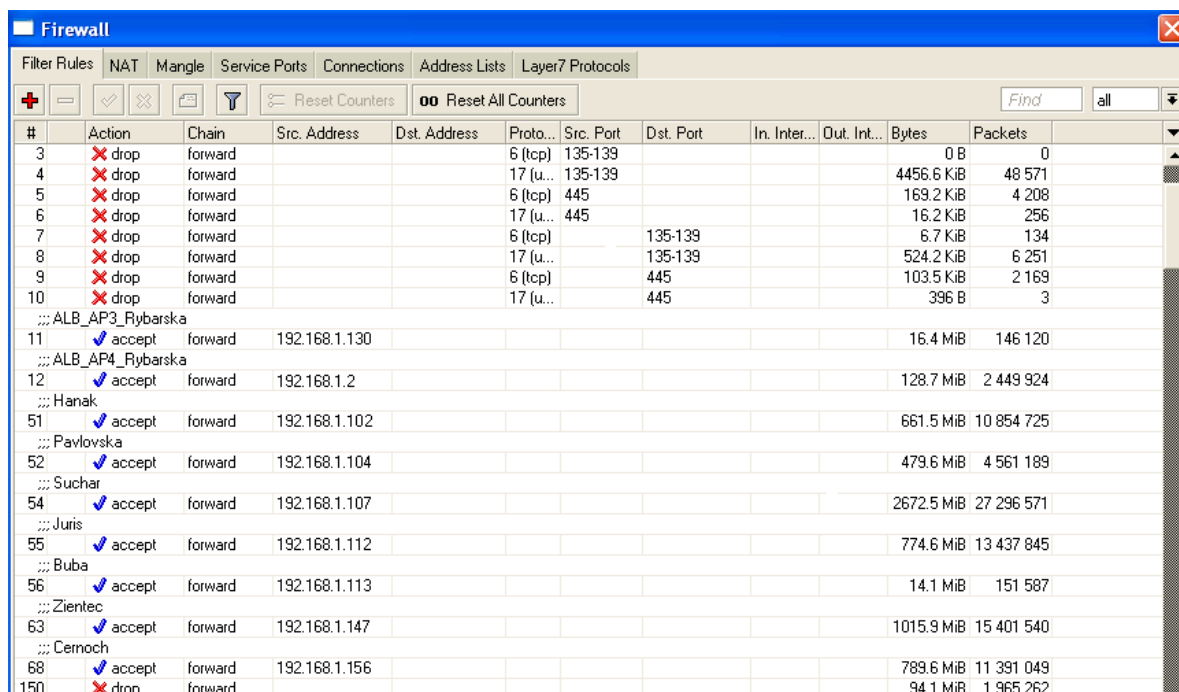
Parametry Limit At a Max Limit musí být spočteny dobře. Vždy nadřazená skupina musí být součtem všech svých podskupin. Kdyby se pravidlo nerespektovalo, tak by součet rychlostí podskupin přesáhl rychlost Max Limit nadřazené skupiny. Podskupina by dosahovala rychlosti větší než je její povolené maximum. Při využití metody kompletního stromu je na koncích uplatňována fronta SFQ. Není potřeba nijak rychlost redukovat mezi více uživateli, ale jen cyklicky řídit datový provoz koncového uživatele. S dobře zvolenou hodnotou priority skupin a podskupin, lze využít volnou rychlost z jiných skupin. Jiné skupiny můžou dotovat volnou rychlost, když jim přebývá. Když ji potřebují, vezmou si ji zpět. Podrobnější princip chování HTB stromu se lze dočíst na wiki MikroTiku. [28]

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queued Byt...	Bytes	Packets	Co
Total_Download_FD	global-out		99M	99M	20.0 Mbps	0 B	16.1 GiB	17 012 262	
HA_Krajni	Total_Download_FD		60M	80M	20.0 Mbps	0 B	7.9 GiB	8 395 887	
ALB_Zivoticka	HA_Krajni		45M	60M	11.8 Mbps	0 B	7.9 GiB	8 395 887	
ALB_AP3_Rybarska	ALB_Zivoticka		10M	20M	4.3 Mbps	0 B	1.0 GiB	1 271 133	
Cernoch	ALB_AP3_Rybarska	1.156_dw	1100k	5650k	860.8 kbps	0 B	50.8 MiB	36 509	
ZientekS_down	ALB_AP3_Rybarska	1.147_dw	1100k	5650k	3.4 Mbps	0 B	970.0 MiB	1 234 624	
ALB_AP4_Rybarska	ALB_Zivoticka		15M	15M	7.5 Mbps	0 B	6.9 GiB	7 124 754	
Hanak_down	ALB_AP4_Rybarska	1.102_down	1100k	5650k	5.3 Mbps	0 B	4.7 GiB	5 450 385	
Pavlovska_down	ALB_AP4_Rybarska	1.104_dw	1100k	5650k	2.2 Mbps	0 B	2291.1 MiB	1 674 369	
HA Okrajova	Total Download FD		38	65	8.2Mbps	0 B	8.2 GiB	8 616 375	

Obr. 5.6 Nastavení Queue Tree – kompetní strom

5.2.5 Firewall

Zabezpečení datového provozu se provádí v záložce IP/Firewall/Filter Rules. Aby byla umožněná rychlá a efektivní správa. V pravidlech lze určit způsob komunikace, která smí být propuštěna a která zakázána. Pro stabilní síť poskytující internet klientům, je potřeba na každém směrovači u přístupových bodů zakázat službu NetBIOS. Jedná se o službu sdílení souborů a tiskáren v sítích Microsoft. TCP a UDP pakety komunikující přes porty 135-139 a 445 se zakážou funkcí drop. Síť ISP není určena pro lokální propojení klientů. Z toho důvodu je uplatňováno omezení rychlosti na klientských zařízeních UBNT Nanostation M5. Rychlost pomalého uploadu zamezí rychlé komunikaci přes lokální síť. Vzhledem k spoustě webovým službám a komunikačním programům se povolil datový tok bez omezení. Pokud bych se rozhodl zakázat komunikaci protokolu UDP kromě portu 53, na kterém probíhá komunikace DNS dotazů, zakázal bych tak veškeré on-line hry. Nevýhodou je, že tvůrci P2P programů jsou napřed a jejich programy využívají i tento protokol. P2P programy se proto omezily rychlostně na 1Mbits⁻¹ v Queue Tree, a nebylo nutné zakázat celý protokol. V případě TCP protokolu by bylo nutné povolit firewallem tytéž porty, jako při nastavení priorit služeb. Zastávám názor, že je na klientovi, k jakým účelům Internet využije. Na konci seznamu pravidel musí být nastavené komplexní pravidlo, které odmítne jakoukoliv komunikaci s neznámou IP adresou. Důležité zabezpečení, které znemožní cizí IP adrese podvrhnout firewall.

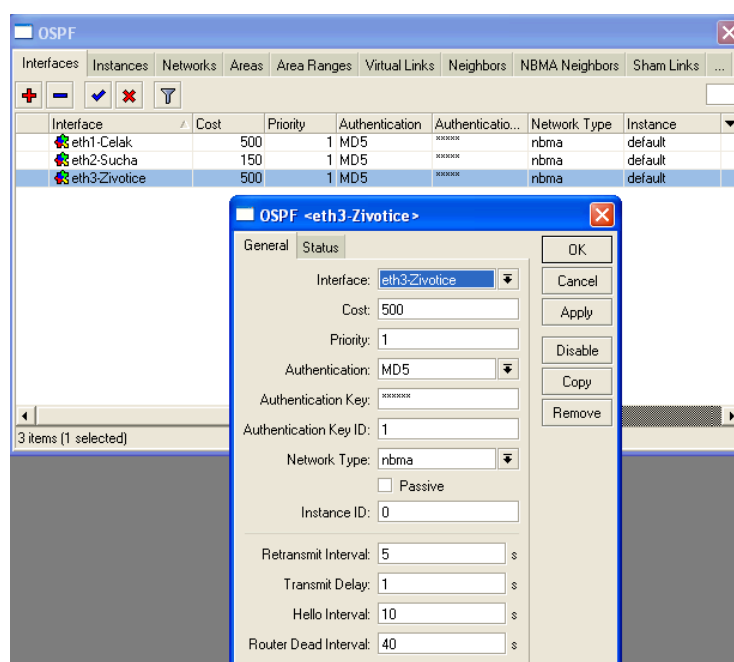


#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Bytes	Packets
3	drop	forward			6 (tcp)	135-139				0 B	0
4	drop	forward			17 (u...)	135-139				4456.6 KiB	48 571
5	drop	forward			6 (tcp)	445				169.2 KiB	4 208
6	drop	forward			17 (u...)	445				16.2 KiB	256
7	drop	forward			6 (tcp)		135-139			6.7 KiB	134
8	drop	forward			17 (u...)		135-139			524.2 KiB	6 251
9	drop	forward			6 (tcp)		445			103.5 KiB	2 169
10	drop	forward			17 (u...)		445			396 B	3
... ALB_AP3_Rybarska											
11	accept	forward	192.168.1.130							16.4 MiB	146 120
... ALB_AP4_Rybarska											
12	accept	forward	192.168.1.2							128.7 MiB	2 449 924
... Hanak											
51	accept	forward	192.168.1.102							661.5 MiB	10 854 725
... Pavlovska											
52	accept	forward	192.168.1.104							479.6 MiB	4 561 189
... Suchar											
54	accept	forward	192.168.1.107							2672.5 MiB	27 296 571
... Juris											
55	accept	forward	192.168.1.112							774.6 MiB	13 437 845
... Buba											
56	accept	forward	192.168.1.113							14.1 MiB	151 587
... Zientec											
63	accept	forward	192.168.1.147							1015.9 MiB	15 401 540
... Cernoch											
68	accept	forward	192.168.1.156							789.6 MiB	11 391 049
150	drop	forward								94.1 MiB	1 965 262

Obr. 5.7 Nastavení IP/Firewall/Filter Rules

5.3 Routování OSPF

Systematicky směrována síť má tu výhodu, že se s rozvíjející topologií dobře spravuje. Bylo vybráno řízení sítě dynamickým směrovacím protokolem OSPFv2. Při nakonfigurování sítě je potřeba vždy nastavit správné IP adresy na rozhraních dle schématu sítě a zařadit síť do potřebné oblasti. Předávání informací o sítích probíhá automaticky. Směrovací protokol se s množstvím sítí učí topologií sítě. Pro správnou volbu trasy je potřeba vhodně zvolit cenu linky. Směrování se provádí součtem linek s nejmenší hodnotou od zdroje k cíli. Směrovací protokol využívá větvení na oblasti. Dělení na oblasti se zvolilo s ohledem na geografické rozložení sítě. Infrastruktura se rozvětvila na 4 oblasti: backbone, area1, area2, area3. Nastavení je zobrazeno na Obr. 5.9. Koncové oblasti area1-3 jsou nastaveny jako stub a mají jedinou default cestu ven z oblasti. Přes ně už žádný přenos dál nepokračuje. Na hranicích mezi oblastmi je ABR. Konfigurace OSPF je na Obr. 5.8



Obr. 5.8 OSPF konfigurace směrovač R2

Směrovací protokol OSPF se nastaví na každé rozhraní sítě samostatně, kde je potřeba dynamicky směrovat.

Vzorec pro výpočet ceny linky:

- $\text{Cena linky} = 108 / \text{šířka pásma (jednotky bits}^{-1}\text{)}$

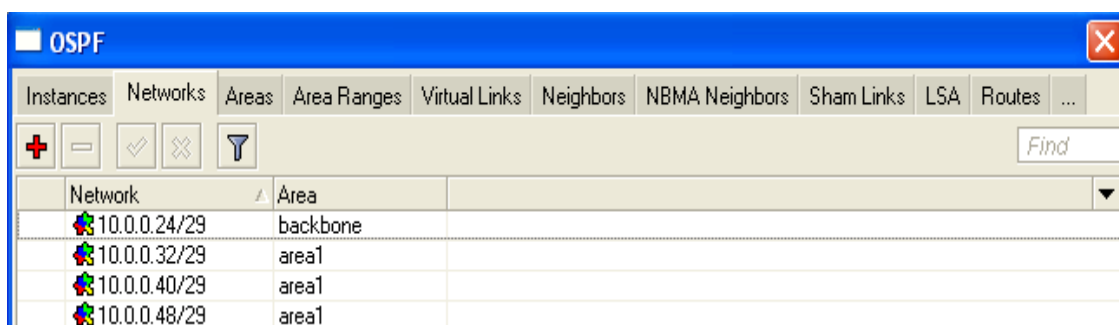
Pro návrh sítě se nastavily vlastní ceny linek:

- Optické připojení – 1
- GigaEthernet – 30
- FastEthernet – 100

- Mikrovlnné spoje (10,5GHz) – 150
- WiFi (5,45-5,72 GHz) – 500

Cena linky se může změnit při výběru trasy vzhledem k určenému směrování podle návrhu správce sítě. Změna směrování se projeví změnou ceny na zvýhodněnou linku – lepší cena, nebo méně privilegovanou (záložní trasu) – horší cena.

Kromě již zmíněné ceny linky se v OSPF pracuje s dalším nastavením. Důležitým prvkem je zajistit zabezpečení. Bezpečnost se nastaví pomocí MD5 autentizace. Pro každý spoj se nastavil jiný klíč a ID. Pro propustnost řídicích zpráv v OSPF bylo potřeba zvolit typ sítě NBMA. Byla vybrána z důvodu konfigurace sítě přes technologii WiFi. V síti jsou nastaveny PTP spoje v režimu bridge, u kterého nebyly propouštěny přes L2 vrstvu řídicí zprávy v typu sítě broadcast. Dalším důvodem je, že standard 802.11 nemusí vždy správně doručit multicasty. Zatržítka u Passive se použije jen v případě, že dále zvoleným rozhraním směrovat OSPF nepotřebují. Není žádoucí, aby cizí osoba v síti odchytávala OSPF. Měla by možnost narušit bezpečnost sítě.



Obr. 5.9 Nastavení oblastí na směrovači R5

5.4 NAT

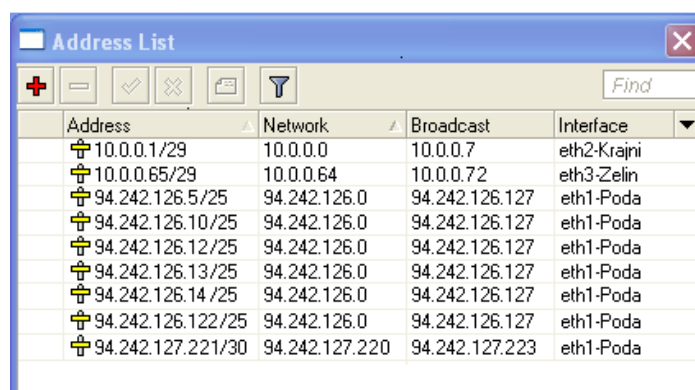
Potřeba překládat IP adresy z vnitřní sítě na veřejné IP adresy je pro komunikaci na Internetu v IPv4 nezbytná. Překlad IP adres se zvolil na centrálním bodě konektivity, směrovači R1. Který plní funkci hlavní brány sítě. Dodavatelem konektivity byl přidělen rozsah veřejných IP adres 94.242.126.0/25. Výhodou softwaru RouterOS je možnost nastavení více IP adres na 1 rozhraní. Tabulka IP adres Obr. 5.11. Shluk více IP adres na 1 rozhraní se projevil při nastavování NAT. Možnost nastavení je NAT je vidět na Obr. 5.10.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto.	Src. Port	Dst. Port	In. Inter.	Out. Interface	Bytes	Packets
0	dst-nat	dstnat		94.242.126.122	6 (tcp)		80			11.6 KiB	228
1	netmap	dstnat								501 B	6
2	netmap	srcnat	192.168.1.102							394.0 KiB	6 085
3	src-nat	srcnat	192.168.1.0/25						eth1-Poda	1080.9 MiB	17 002 940
4	src-nat	srcnat	192.168.1.128/26						eth1-Poda	344.0 MiB	5 621 781
5	src-nat	srcnat	192.168.1.192/26						eth1-Poda	1972.0 MiB	26 022 233
6	src-nat	srcnat	192.168.2.0/26						eth1-Poda	915.4 MiB	14 337 157
7	src-nat	srcnat	192.168.2.64/26						eth1-Poda	288.6 MiB	4 721 409
8	dst-nat	dstnat		94.242.126.10	6 (tcp)		1300			24.6 KiB	483
9	dst-nat	dstnat		94.242.126.12	6 (tcp)		4440			180 B	3
10	dst-nat	dstnat		94.242.126.10	6 (tcp)		15300			240 B	5
11	dst-nat	dstnat		94.242.126.14	6 (tcp)		2500			0 B	0
12	dst-nat	dstnat		94.242.126.10	6 (tcp)		8400			1852 B	8
13	dst-nat	dstnat		94.242.126.5	6 (tcp)		8500			196 B	4
14	dst-nat	dstnat		94.242.126.5	6 (tcp)		8600			517 B	2
15	dst-nat	dstnat		94.242.126.5	6 (tcp)		8650			1090 B	7
16	dst-nat	dstnat		94.242.126.5	6 (tcp)		8850			48 B	1
17	dst-nat	dstnat		94.242.126.13	6 (tcp)		8000			63.4 KiB	1 360
18	dst-nat	dstnat		94.242.126.13	6 (tcp)		8001			6.8 KiB	136

Obr. 5.10 Překlad IP adres v záložce IP/Firewall/NAT

Všechny veřejné IP adresy jsou směrovány k směrovači na rozhraní „eth1-Poda“. Nadefinovaný list adres umožňuje zvolit konkrétní veřejnou IP adresu k vnitřní IP adrese, nebo vnitřnímu rozsahu sítě. Základní převod IP adres se provádí nadefinováním src-nat v rozsahu vnitřní sítě, který je převeden na zvolenou veřejnou IP adresu. V projektování sítě se nastavil poměr překladu 1 veřejné IP adresy na 1 definovaný rozsah vnitřní sítě s koncovými uživateli. Zvolený rozsah vnitřních adres je přiřazen vlastnímu přístupovému bodu. Je počítáno i s možností, že koncový uživatel bude chtít u sebe vlastní veřejnou IP adresu. Možnost překladu v poměru 1:1 umožní funkce netmap. Pro správnou funkci veřejné IP adresy, kterou uživatel potřebuje, je nutné nakonfigurovat oba směry komunikace, jak srcnat i dstnat. Je zapotřebí toto spojení vložit před src-nat. V opačném případě by byl proveden překlad na společnou IP adresu rozsahu, nikoliv deklarovanou IP adresu klienta.

Potřebnou funkci, která umožní zpřístupnění služeb z neveřejných IP adres, je nastaveno směrování portu. Metoda mapování portů šetří prostor veřejných IP adres. Je nutné nastavit dst-nat a specifikovat cílovou veřejnou IP adresu, protokol a definovat číslo portu. Mapování se provede na konkrétní vnitřní IP adresu s číslem portu určený k provozu služby. Umožňuje klientům ve struktuře vnitřní sítě zpřístupnit FTP servery, ovládat vzdálenou správu atd. Prostřednictvím vlastnosti mapovaných portů se lze připojit ke správě síťových prvků ze sítě Internet. Funkce se osvědčila při práci na přístupovém bodu, kde se lze prostřednictvím mobilního telefonu připojit přes 3G technologií na potřebný aktivní prvek.



Address	Network	Broadcast	Interface
10.0.0.1/29	10.0.0.0	10.0.0.7	eth2-Krajni
10.0.0.65/29	10.0.0.64	10.0.0.72	eth3-Zelin
94.242.126.5/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.126.10/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.126.12/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.126.13/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.126.14/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.126.122/25	94.242.126.0	94.242.126.127	eth1-Poda
94.242.127.221/30	94.242.127.220	94.242.127.223	eth1-Poda

Obr. 5.11 Seznam IP adres na směrovači R1

5.5 DNS cache

Pro cachování DNS záznamu se používá v ROS funkce DNS. Funkci nalezneme v záložce *IP/DNS*. Je potřeba nastavit primární a sekundární DNS server. U DNS je možné nastavit TTL, které udává volitelnou životnost objektů určitého typu (FTP, HTTP, URL) v cache paměti. Hodnota doby záznamu v cache paměti se nastavila na 12h. Aby neaktivní záznamy nezahlcovaly zbytečně paměť. Načítání již existujících záznamů z cache paměti šetří čas při směrování na doménový záznam. Není potřeba se dotazovat na DNS záznam nadřazených serveru. Klientům je primární DNS server propagován s vnitřní IP adresou centrálního směrovače 10.0.0.1. Jako sekundární DNS server se klientům nastaví IP adresa DNS Googlu 8.8.8.8.

5.6 Doplnkové služby sítě

V rámci sítě ISP se mohou implementovat doplňkové síťové služby. V koncepčním návrhu sítě vedení firmy požadovalo zapracovat do infrastruktury vlastní DNS server a Mail server. Služby budou nainstalovány na server, který je umístěn v centrálním bodě sítě. Jako operační systém serveru se vybrala distribuce Linux Debian 6.0.4. Serveru se přiřadí veřejná IP adresa 94.242.126.126/25. Konfigurace těchto služeb je v kompetenci kolegy z firmy, který je znalý unixových systémů.

DNS server slouží pro překlad DNS záznamu. Doposud vlastní DNS server není nenakonfigurován v síti, proto zajišťuje překlady záznamu DNS server od společnosti Poda a.s.

Adresování DNS serveru:

- Primární DNS server – 62.129.50.20
- Sekundární DNS server – 85.135.32.100

Pro realizaci vlastního interního DNS serveru je potřebné nakonfigurovat DNS server v rámci balíčku Bind9. Návod ke konfiguraci balíčku je výstižně popsán ve wiki Debianu[26].

Mail server je výhodné použít pro vlastní emailovou správu. Umožní nabízet službu emailu klientům v síti ISP. Jako mail server pro síť je vhodný balíček PostFixí verze 2.8. Je to systém MTA a mimo jiné plní funkci jako SMTP server. Jedná se o nástroj, který zprostředkovává komunikaci odesílaných emailů vlastními poštovními klienty k jiným poštovním klientům.

SMTP server: mail.internetprokazdeho.cz

Potřebný návod na konfiguraci Postfixu je dostupný ve wiki Debianu [24]

5.7 Zabezpečené bezdrátové síť

Komunikace přes rádiové vlny lze odchytit 3. stranou. Ochrana před odposlechem tkví v nutnosti šifrované komunikace mezi přístupovým bodem a klientem. WiFi technologie svým vývojem prošla řadou zabezpečení, které už byly překonané. Zabezpečení se používá MAC filter spolu s bezpečným šifrováním WPA2-AES. V rámci přístupového bodu se definuje souhrn MAC adres ve formátu XX-XX-XX-XX-XX-XX (X je jakékoli hexadecimální číslo), které umožní přístup pro komunikaci jen povoleným klientům. Jiné WiFi zařízení má blokováný přístup.

Další ochrana bezdrátové komunikace závisí na zvoleném typu šifrování. Pro šifrování se zvolilo zabezpečení WPA2-AES s 20 znaky. V rámci bezpečnosti je pro každý přístupový bod jiné heslo. Heslo musí být náhodné kombinace velkých, malých písmen, speciálních znaků a čísel. Opatření se provádí, aby se případnému útočníkovi zamezilo ochranu prolomit. Šifrování WEP a WPA-TKIP již je prolomené, takže pozornost hackeru se bude ubírat k doposud neprolomeným šifrováním.[2]

5.8 Záložní napájení

Provoz technologie je závislý na elektrické energii. Proto se musí dbát na ochranu jemné elektroniky. Pro tento účel je vhodné používat přepětové ochrany APC. K funkční síti patří i schopnost provozu při výpadku elektrické energie. V návrhu musí být zakomponovány záložními prvky. Na centrální bod je zapotřebí napojit UPS APC Smart-UPS X 1000VA LCD do racku. Záložní zdroj je konstruován pro maximální zátěž 800W po dobu 8,1 min. Záložním zdrojem je potřeba napájet směrovačem Alix, PC a 2x UBNT Nanobridge M5. Zařízení v případě výpadku je potřeba zálohovat na 2 hodiny. Tato doba postačuje na výjezd a dovoz benzínové elektrocentrály. Důraz při volbě elektrocentrály je kladen zejména na váhu, výkon a musí být vybavena AVR. Pokud by elektrocentrála nedisponovala AVR, nebylo by možné napájet UPS. Proto se elektrocentrála vybrala Honda EU 20i F 2kW. Provozní doba na 4,1l benzínu činí 10 hodin.

V distribučních bodech a přístupových bodech je potřeba napájet UBNT Nanostation M5, Nanobridge M5 a Routerboardy. Technické vybavení je potřeba zálohovat přes napájecí zdroj

MeanWell AD-55A, 12V 51W. K napájecímu zdroji se musí připojit 12V 50Ah záložní baterie. Odběr elektřiny aktivních prvků není velký, v řádech jednotek W. Předpoklad je, že napájení vydrží být v provozu na záložním napájení minimálně 10h. V případě nutnosti elektrocentrály je vhodné zakoupit levnější variantu než Hondu, ovšem se stejnou technickou specifikací. Pro aktivní body nižší úrovně postačí elektrocentrála Kipor IG2000 2KW s provozem na 1 nádrž 3,5h.

6 Správa infrastruktury

Počítačová síť obsahuje řadu aktivních prvků, na které je potřeba dohlížet a spravovat. V navržené síti mají zastoupení technologie od MikroTiku a UBNT s vlastním managementem. Aktivní prvky těchto výrobců lze konfigurovat mnoha způsoby. Je výhodné zvolit si způsob komunikace s aktivním prvkem a zbylé možnosti zakázat. Zvýší se tím bezpečnost, při snaze cizí osoby získat přístup k zařízení.

6.1 Správa technologický zařízení

6.1.1 Mikrotik RouterOS - Winbox

Jedná se o utilitu GUI pod Windows. Navázání spojení s aktivním prvkem s ROS je možné 2 způsoby. Zadat IP adresu konkrétního prvku a tím se připojit na vrstvě L3. V případě přesměrování veřejné IP adresy na vnitřní je potřeba zadat IP adresu ve formátu např. 94.242.126.5:8650. V jednom subnetu je možné se přihlásit pomocí MAC adresy na vrstvě L2. Winbox se vyznačuje přehledným a intuitivním ovládáním. V utilitě nejsou přístupné všechny možnosti nastavení. Omezení platí jen na speciální funkce, nikoliv běžně potřebné. V případě potřeby skryté konfigurace např. modulu Calea, je možné se propojit skrz dostupný terminál v GUI na příkazový řádek.

6.1.2 Mikrotik RouterOs - SSH , Telnet

Konfigurace pomocí příkazové řádky se provádí přes protokoly SSH a Telnet. K větší míře zabezpečení je doporučeno nastavovat ROS přes komunikaci SSH. Pro přihlášení k SSH serveru se použije software Putty, přes který se konfiguruje ROS. Prostředí příkazového terminálu svým vzhledem připomíná síťový management IOS od Cisco. Avšak ROS má své způsoby nastavování.

6.1.3 Mikrotik RouterOS, UBNT AirOS - Web

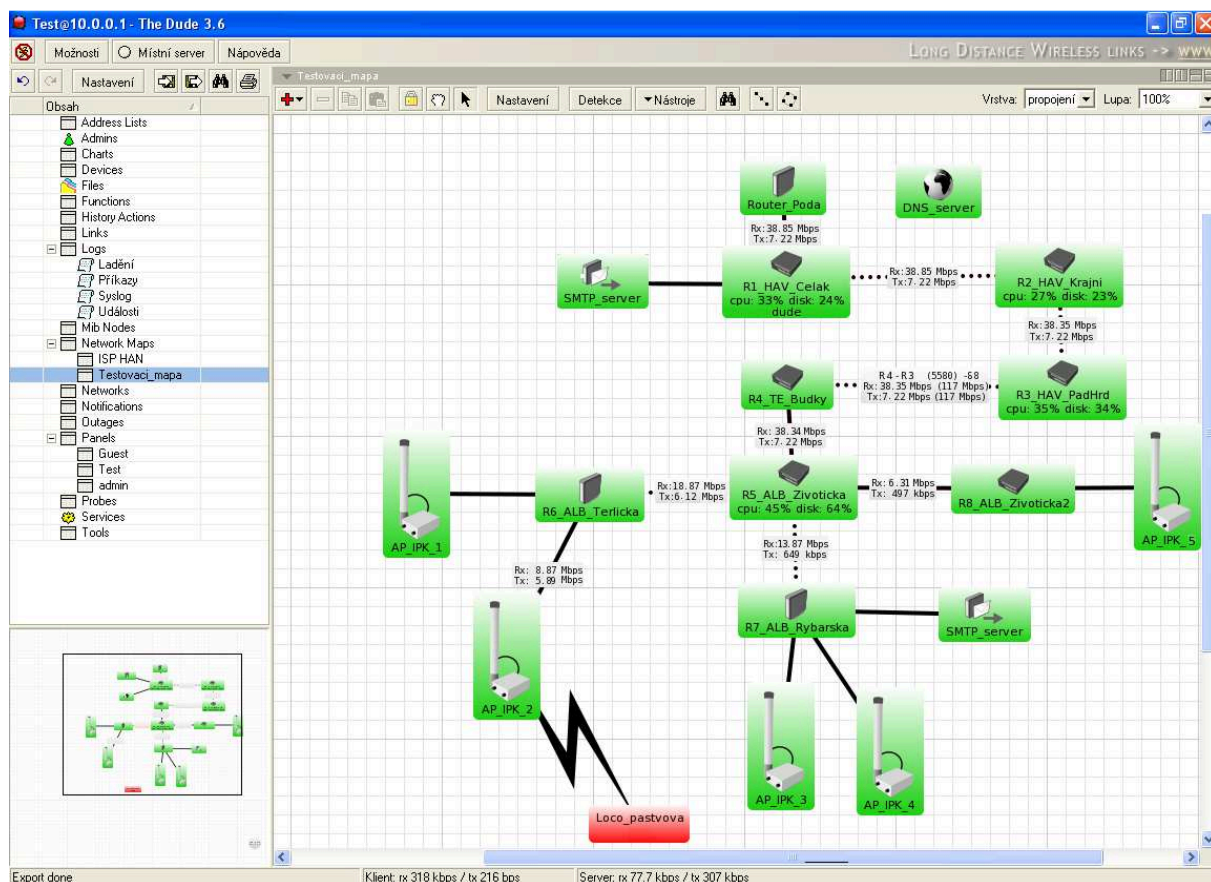
Zpřístupnění ROS je možné přes http, nebo https. Přístup je pouze k základnímu nastavení prvku. Propracovanost systému, kterou ROS disponuje, není zde dostupná. Webová správa disponuje svou konfigurační nastavení, jako běžné dostupné SOHO zařízení.

Správa AirOS od UBNT je výhradně konfigurovatelná přes webové rozhraní. Webové prostředí má propracované GUI rozhraní. K dispozici jsou všechna potřebná nastavení aktivního prvku, k jeho funkčnosti. V záložce *Main* je výpis nastavení, viz příloha H, CH. V záložce *Wireless* se nastaví správná země a nutnost zaškrtnout funkci „Obey Regulatory Rules“ - dodržení EIRP. Šifrování se nastavuje ve stejné záložce. V záložce *Advantage* potřeba nastavit ACK Timeout a Traffic shaping. V záložce *Service* se povoluje komunikace přes SSH, SNMP, http(s). Více informací k nastavení je dostupné na wiki UBNT [30]

6.2 Dohled sítě ISP

Pro monitoring a správu sítě bylo nutné vybrat software, který bude plnohodnotně řídit režii sítě. Rozhodnutí výběru záleželo na nejnižších pořizovacích nákladech. Proto se využil dostupný software The Dude verze 3.6. Jedná se o freeware monitorovací program sítě od MikroTiku. Aplikace je modelu klient-server. Software může být použit v kompilaci jako balíček pro ROS, tak i softwarová aplikace pro Windows (verze XP a výše). Balíček určený pro ROS je pouze serverová aplikace. Program pro Windows je složen z klientské i serverové části. Je možné lokální server The Dude spustit na libovolném počítači v síti. Klientská aplikace je určena k zajištění komunikačního prostředí s již existujícím serverem. V navržené síti se použil serverový balíček The Dude pro ROS a nainstaloval jej na směrovač R1_HAV_Celak. Dohledový systém byl umístěn na hraničním směrovači z důvodu potřebné kontroly celkové konektivity uvnitř sítě.

Existují jen 2 způsoby, jak je možné aplikaci ovládat. První možnost je přes windows klienta, druhou možností je webové rozhraní. Možnost obsluhy přes webové rozhraní je spíše doplňková záležitost. Prioritně se síť nastavuje přes dostupného klienta viz Obr. 6.1.



Obr. 6.1 Monitorovací program The Dude

Síťovou architekturu je potřeba mít systematicky roztříděnou, aby mohla být snáze detekovatelná porucha. Návrh řeší hierarchické třídění sítě. Síť je spravována od přívodu konektivity po koncové přístupové body. Dohled nad sítí je zajištěn komunikačním protokolem SNMP. V ROS a AirOS se musí protokol zapnout, protože implicitně je vypnutý. Nastavení aktivních zařízení, propojovacích spojů, sítí a podsítí je dostupné v panelu *Network maps*. Pro každou síť může být vytvořena vlastní mapa. Strukturované sítě je možné reprezentovat na hlavní mapě dílčími vnořenými sítěmi.

Postup zprovoznění dohledu aktivního zařízení:

- Výběr zařízení – nastavení IP adresy
- Výběr monitorovací služby – výběr sondy (ping, cpu, hdd, dns, smtp, mikrotik, dude, atd.)
- Nastavení sondy – časové intervaly při dohledu a nedostupnosti služby
- Oznámení stavu sondy – změnou stavu sondy se předají informace správcům sítě
- Grafická vizualizace – upřesnit typ aktivní prvku

Propojení aktivních prvků se provádí mezi 2 zařízeními. Výběr propojovací cesty se nastavuje pro jedno konkrétní rozhraní aktivního prvku. Provoz spoje se nastaví typem řídicího objektu. Typy objektů jsou definované jako SNMP, nebo jednoduché. Výběrem jednoduchého spojení se propojí na mapě zařízení, ale žádné jiné informace ze spoje vyčíst nelze. Spoj řízený SNMP zobrazují stav linky změnami Rx a Tx. Aby byla zaručena jednotná struktura sítě, spojům se přiřadí monitorování na rozhraních přijímacích zařízení. Proto Rx symbolizuje download a Tx upload. Nastavení maximální rychlosti linky v bits^{-1} je doplňková možnost. Rozdílnost typu spojů se v mapě projeví jinou vizuální podobou. U bezdrátového spojení je možnost přímo na mapě zjistit informace o bezdrátovém spoji. Informace obsahují název spoje, frekvenci a sílu přijímací úrovně.

Využívané typy spojů při návrhu a jejich vizuální zobrazení:

- FastEthernet – tlustá čára
- PTMP (WiFi) - blesk
- PTP – přerušovaná čára (tečkovaná)

Při zatížení spoje se linka vizuálně změní z černé na červenou. Změnou stavu služby se zařízení v mapovém podkladu projeví jiným barevným zobrazením. Mezi těmito stavy se síť překlápí.

Barevné schéma aktivních prvků:

- Zelená barva – všechny monitorované služby jsou funkční
- Oranžová barva – na zařízení s 2 a více monitorovanými službami se vyskytla chyba
- Červená barva – všechny monitorované služby jsou nedostupné

Změna stavu sítě je v softwaru sledována sondami. Sonda dokáže detekovat velké množství změn stavů monitorované služby. Systém není potřeba zahlcovat každou změnou stavu, z toho důvodu se využily jen některé oznamovací stavy.

Přechodové stavy oznámení:

- Funkční – Nefunkční
- Funkční – Nestabilní
- Nefunkční – Funkční
- Nestabilní - Funkční

Pro účely okamžité informovanosti správce sítě při změně stavu, je důležité vytvořit nové oznámení na email, resp. mobilní email(SMS) viz. Obr. 6.2. Adresa SMTP serveru a email odesílatele se nastavuje v globálním nastavení softwaru v záložce „Obecné“. Není zapotřebí ho zadávat při vytváření oznámení. Typ se specifikuje na „email. Struktura příchozí zprávy se skládá z názvu předmětu a těla zprávy. Tělo zprávy obsahuje text a proměnné, které definují příjemci, kde a jaká změna stavu nastala. Oznámení se rozšiřuje o vlastnosti sledované doby (dny a hodiny) v záložce Plán. Záložka „Rozšířené možnosti“ určuje, jaké změny stavu mají být oznamovány.

Oznámení Email - Oznámení

Obecné Plán Rozšířené možnosti

Název: Oznámení Email

Typ: e-mail

Server: ☐

Komu: jiri.hanusovsky@vodafoneemail.cz

Kopie:

Vložit proměnnou

Věc: STAV SITE

Vložit proměnnou

Sluzba [Probe.Name] na [Device.Name] je nyní [Service.Status] ([Service.ProblemDescription]).

Tělo:

Obr. 6.2 Vytvoření oznámení na mobilní email

V navržené síti by docházelo při výpadku pátečních spojů k oznámení nefunkčních stavů i u závislých směrovačů. Ochranu lavinovému efektu šíření upozornění obstarává mapový podklad rozdělen na 2 vrstvy. Vrstva propojení informuje o stavu sítě. Vrstva závislosti definuje hierarchickou uspořádání aktivních prvků. Proto při výpadku např. směrovače R3_HAV_PAD_HRD se změna stavu projeví jen na tomto bodě, nikoliv na dalších v řadě navazujících. Oznámení emailem je funkční jen pro SMTP servery, které nevyžadují autorizaci. Pokládám to za velkou nevýhodu softwaru. Proto běžné upozornění na Gmail nefunguje. Funkční postup zasílání upozornění na Gmail byl vyvinut, ale

jen pod platformou Windows. Postup nastavení je ve vlákně diskusního fóra MikroTiku [27]. V případě vlastního SMTP serveru, je možné nastavit IP adresu The Dude serveru do skupiny mezi důvěryhodné odesílatele bez autorizace.

Mobilní emaily se korektně doručují u Vodafone bez zpoždění. Stejná služba u T-Mobilu byla zrušena 30.6.2011. Pro příjem emailu formou SMS je potřeba aktivovat službu Postman. V závislosti na variantě (placené, neplacené) se nastaví počet možných znaků v SMS.

6.3 Mapový podklad pro správu sítě

Pro konkrétní rozmístění přístupových bodů je vhodné mít mapový podklad pokryté lokality. Každý mapový podklad má možnost vlastního nastavení, v které je potřeba mapu importovat jako obrázek. Formát souboru pro vložení mapy doporučuji „png“. Mapa musí disponovat větší rozlišením, aby byla co nejpřehlednější. Mapový poklad byl vybrán prostřednictvím statických google maps, nastavení výběru mapy dostupné na webu googlu [26]. Správná definice lokality je určena souřadnicemi, rozlišením a měřítkem. Obr. 6.3. ukazuje zakreslenou síťovou koncepci v mapovém podkladu

Adresa:

<http://maps.googleapis.com/maps/api/staticmap?center=Terlicko,CZ&size=1024x1024&sensor=false&scale=2>



Obr. 6.3 Část mapového podkladu struktury sítě

6.4 Zálohá konfigurací - MikroTik

Konfigurační nastavení ROS se může měnit v závislosti na technických parametrech sítě, nebo pravidlech řízení. Nutnost vytvářet zálohy. Zálohy jsou dostupné přes FTP server v ROS, ale musí se stahovat manuálně z každého zařízení. K zálohování větší sítě je vhodné použít skriptování. Za permanentního dohledu spuštěného skriptu, jsou zálohy aktivních prvků odesílány v pravidelných časových intervalech na konkrétní email. V případě nefunkčnosti hardwaru, se záloha nahraje na nový hardware a provoz sítě je obnoven. Kód skriptu sem uložil v *System/Scripts* pod názvem „záloha“. Spouštění skriptu se nastaví s *System/Scheduler* a přikazuje spouštění skriptu „zaloha“. Skriptovací kód pro zálohu se v navržené síti použil dostupný z webu komunity MikroTiku.

```
:local sysname
:local time
:local date

:set sysname [/system identity get name]
:set time [/system clock get time]
:set date [/system clock get date]
/system backup save name=("zaloha-Routeru")
:delay 30

/tool e-mail send from="zaloha@mikrotik.cz"
to="zaloha@internetprokazdeho.com" subject=(sysname . " -- " . date . " --
RB" . [/system routerboard get model] . " -- " .[/system resource get
version]) file=("zaloha-routeru.backup")
:delay 20
file remove ("zaloha-routeru.backup")
:log warning "Zaloha byla odeslana na email!"

Server:94.242.126.126
Port:25
From:zaloha@mikrotik.cz
User:zaloha@internetprokazdeho.com:
```

Pokud je k zasílání záloh potřeba použít gmail, musí se nastavit v emailu parametr `tls=yes`.

```
/tool e-mail send tls=yes from="zaloha@mikrotik.cz"
to="jirkah@gmail.com" subject=(sysname . " -- " . date . " -- RB" .
[/system routerboard get model] . " -- " .[/system resource get version])
file=("zaloha-routeru.backup")
```

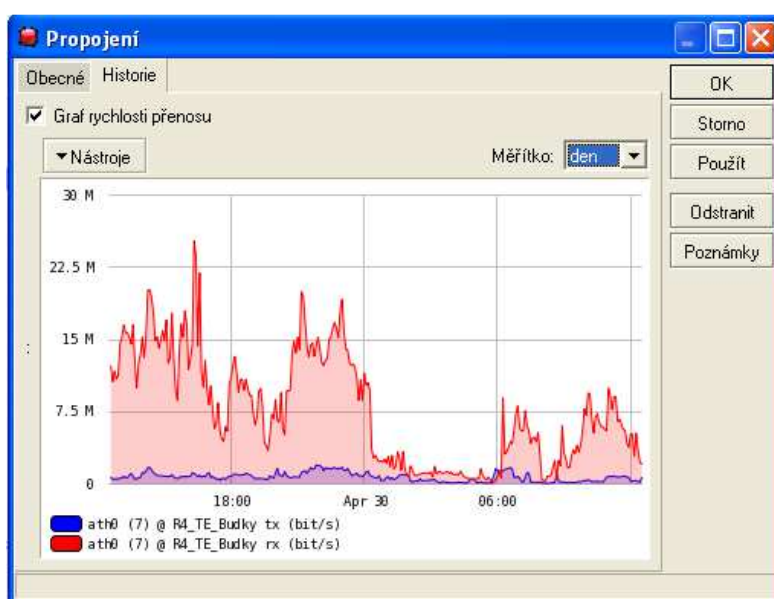
6.5 Vytížení sítě

Každý spoj mezi aktivními prvky si ukládá data o provozu Rx a Tx. Z grafů lze zjistit, kdy je linka vytížena nejvíce, kdy naopak minimálně. Ve vlastnostech každého spoje je ke grafům přístup v záložce Historie. Export grafů je možný do různých formátů souborů, jak grafických tak i textových(pdf,ps). Na Obr. 6.4 je zobrazen provoz páteřního rozhraní. Je patrné, že spoj je vytížen

v časovém rozmezí 12 - 24 hodin. V průběhu noci minimálně. Od 6 ráno opět stoupá provoz klientů. Poměr mezi stahovanými a odesílanými daty je velký. Maximální rychlost využita zákazníky přesáhla $22,5 \text{ Mbits}^{-1}$. Odesílání dat nepřesáhlo rychlost cca 2 Mbits^{-1} .

Možnosti zobrazení Grafů v intervalu:

- Hodina
- Den
- Týden
- Měsíc
- Rok



Obr. 6.4 Graf vytížení spoje R3_HA_PAD_HRD - R4_TE_BUDKY

7 Závěr

Návrh sítě se koncipoval a realizoval pro regionálního ISP, firmu Internet pro každého s.r.o. Topologie se navrhla v bezdrátových bezlicenčních pásmech. Návrh je přizpůsoben hranici 400 klientů. Páteřní spoje jsou koncipované pro technologii výrobců MikroTik a UBNT v pásmu 5,47-5,725 GHz. Jeden navržený spoj je zvolen v pásmu 10,5GHz. V návrhu nebylo zapotřebí využít více spojů v pásmu 10,5GHz, protože PTP spoje do vesnic umožní v doposud nezahlceném pásmu 5GHz využít kapacitu přenosu. Samotná firma by si finančně nemohla dovolit splácet více vysokokapacitních mikrovlnných spojů současně. Připojení klientů se realizuje na platformě UBNT. Již ze svých nabytých zkušeností v pásmu 2,4GHz vím, že se nejlépe předchází nečekaným problémům jednotným hardwarem přístupového bodu a klientů.

V průběhu vypracování diplomové práce mi byl přidělen úkol s vyhledáváním nových budov, kde by mohla být uložena aktivní zařízení pro šíření konektivity. Při této práci mi byly nově představeny způsoby potřebné k získávání údajů o vlastních budov. Mnou navržené lokality se zapracovaly do praxe. Firma spolupracovala se mnou i při výstavbě centrálního a více distribučních bodů. Pro plynulý provoz bodů je plnohodnotně potřeba záložních zdrojů. Pokud poskytovatel nezmění svůj názor, tak se koncepce zálohy bude realizovat v průběhu 3. kvartálu roku 2012.

Základní znalosti konfigurace MikroTiku mi byly přínosné. Bylo mi umožněno se zdokonalit v nastavení pokročilých funkcí - traffic shaping. Zařízení UBNT nebyla pro mě příliš známa. Jejich webové prostředí mi však nečinilo obtíže při nastavování. Potřebné funkce pro nastavení zařízení jsou intuitivní. O obou firmách vyrábějící WiFi zařízeních usuzuji, že jsou kvalitní výrobci zabývající se šířením WiFi signálu v externím prostředí.

Nezbytnou součástí návrhu bylo zajistit monitoring sítě. Před mým návrhem byla síť řízena jen přes Winbox a webové rozhraní. Software The Dude zpřehlednil síťovou strukturu. Síť se spravuje globálně. Pokud by se vyskytly chyby s upozorněním na mobilní email u Vodafone, inovační řešení by bylo v nezávislé SMS bráně. Funkčnost serveru nebo klienta v Linuxu zajistí software WINE, který vytváří aplikační rozhraní pro windows software v Linuxu.

Rozšíření sítě do budoucna je možné. Síť je navržena tak, aby mohl být v nutném případě vytvořen záložní mikrovlnný spoj konektivity z Karviné do Horní Suché. V případě využití datové propustnosti některého z páteřních spojů by se provedla rekonstrukce sítě a změna technologie. Funkčnost sítě v budoucnu přes síťový protokol IPv6 je možný. MikroTik již IPv6 podporuje a UBNT neustále vyvíjí firmwary. Podpora od výrobců hardwaru je aktuální. V případě potřeby větší bezpečnosti se může nakonfigurovat autentizační server (Radius) pomocí protokolu 802.11X.

Použitá literatura

- [1] HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER. *Počítačové sítě pro začínající správce*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 303 s. ISBN 978-80-251-3176-3.
- [2] BARKEN, Lee. *WiFi: jak zabezpečit bezdrátovou síť*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004, 174 s. ISBN 80-251-0346-3.
- [3] PETERKA, Jiří. *Báječný svět počítačových sítí, část II.: Taxonomie: škalkování*. PC World: magazín digitálního věku. Praha: IDG Czech, 2005, č. 4. ISSN 1210-1079.
- [4] 3G. *ITBIZ* [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.itbiz.cz/slovník/telekomunikace/-3g>
- [5] Počítačové sítě: co je to počítačová síť?. *Počítačové sítě site.the.cz* [online]. [cit. 2012-01-14]. Dostupné z: <http://site.the.cz/index.php?id=1>
- [6] Počítačové sítě: co je to počítačová síť?. *Počítačové sítě site.the.cz* [online]. [cit. 2012-01-14]. Dostupné z: <http://site.the.cz/index.php?id=17>
- [7] ODVÁRKA, Petr. Základy topologie a komunikace. *Světsítí* [online]. 1.9.2000 [cit. 2012-03-03]. Dostupné z: <http://www.svetsiti.cz/clanek.asp?cid=Zaklady-topologie-a-komunikace-192000>
- [8] Metropolitan Area Network. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 29.2.2012 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Metropolitan_Area_Network
- [9] BARTÁČEK, Jiří. Topologie sítí. *Stránky o elektronice a počítačích* [online]. © 2008-2009, 24.7.2011 [cit. 2011-10-18]. Dostupné z: <http://www.barts.cz/index.php/pocitace/site/37-topologie-siti>
- [10] Stručná teorie laserových spojů. *KAISER DATA - Divize bezdrátových komunikací* [online]. [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <http://www.bezdratove-telekomunikace.cz/katalog-pojitek/o-laserovych-spojich/>
- [11] Stručná teorie mikrovlnných spojů. *KAISER DATA - Divize bezdrátových komunikací* [online]. [cit. 2012-01-11]. Dostupné z: <http://www.bezdratove-telekomunikace.cz/katalog-pojitek/o-radivoch-spojich/>
- [12] PETERKA, Jiří. *Báječný svět počítačových sítí, část XXIII.: bezdrátový Ethernet*. PC World: magazín digitálního věku. Praha: IDG Czech, 2007, č. 3. ISSN 1210-1079.
- [13] *Obec Albrechtice* [online]. [cit. 2011-10-16]. Dostupné z: <http://www.obecalbrechtice.cz/>
- [14] *Obec Lučina* [online]. 27. 06. 2006 [cit. 2011-10-16]. Dostupné z: <http://www.lucina.cz/index2.php>

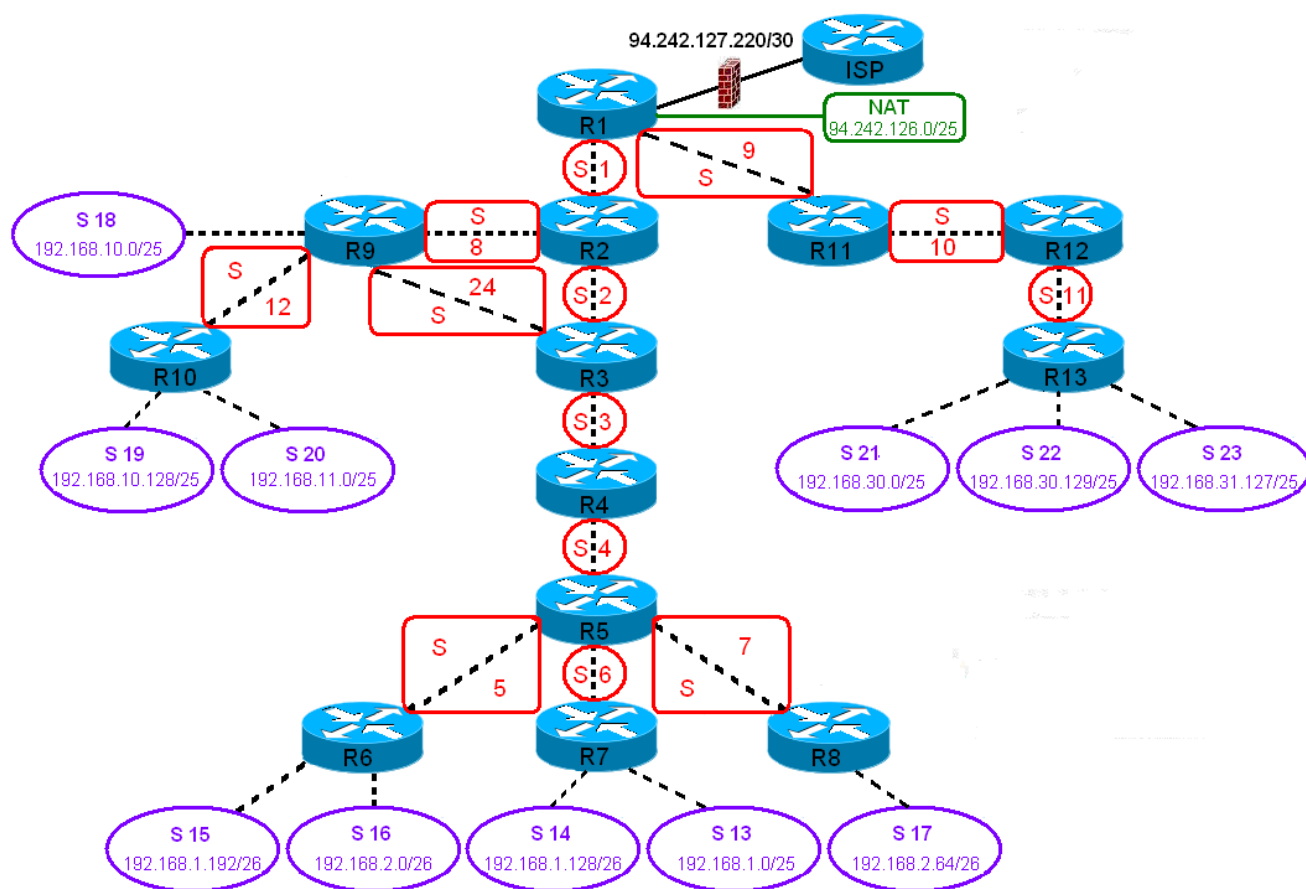
-
- [15] O obci. In: *Soběšovice* [online]. [cit. 2011-10-16]. Dostupné z: <http://sobesovice.cz/cz/o-obci/>
- [16] O obci. In: *Horní Suchá* [online]. © 2009 [cit. 2011-10-16]. Dostupné z: <http://www.hornisucha.cz/o-obci.html>
- [17] HRÁČEK, Jiří. IEEE 802.11n: zrychlete a rozšířte svou bezdrátovou síť. *Intelek:komponenty datových a telekomunikačních sítí* [online]. 3.2.2009 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: http://www.intelek.cz/art_doc-5C56A0147621A13AC12575510053AE3E.html
- [18] BUIGL, Petr. Dva roky WiMaxu v ČR. *Lupa.cz*. [online]. 26.3.2007 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/dva-roky-wimaxu-v-cr/>
- [19] Manual: licence. In: *Mikrotik Wiki* [online]. 20.1.2012 [cit. 2012-02-02]. Dostupné z: <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:License>
- [20] Antény do zarušeného prostředí: měření 5GHz. *Nanoboot5* [online]. [cit. 2012-03-23]. Dostupné z: <http://nanoboot5.cz/mereni/5GHz/index.htm>
- [21] BEZDĚK, Aleš. Spektrum: přepočty vlnových délek, frekvencí, teplot. *Astronomický ústav:Akademie věd České republiky, v. v. i.* [online]. [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: http://www.asu.cas.cz/~bezdek/fyzika/vlnDelka_frekvence_teplota.php
- [22] PUŽMANOVÁ, Rita. Garance QoS jako základ konvergované IP komunikace. *Nezávislý odborný on-line magazín NETGURU* [online]. Efectix.com, 2010 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.netguru.cz/odborne-clanky/garance-qos-jako-zaklad-konvergovane-ip-komunikace.html>
- [23] Bind9. *Wiki Debian* [online]. 9.1.2010, 2.4.2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://wiki.debian.org/Bind9>
- [24] Bind9. *Wiki Debian* [online]. 27.11.2004, 3.8.2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://wiki.debian.org/Postfix>
- [25] PETERKA, Jiří. Telefonika chystá VDSL, zlevnit může i ADSL. *Lupa.cz* [online]. Internet Info, 11.3.2011 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/telefonika-chysta-vdsl-zlevnit-muze-i-adsl/>
- [26] Static Maps API V2 Developer Guide. *Google Maps Image APIs* [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <https://developers.google.com/maps/documentation/staticmaps/>
- [27] Email notification throughout Gmail on Windows machine. In: *Forum.Mikrotik.com* [online]. 10.5.2009 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://forum.mikrotik.com/viewtopic.php?f=8&t=31779>
- [28] Manual: Hierarchical Token Bucket. In: *Mikrotik Wiki* [online]. 25.10.2011 [cit. 2012-04-9]. Dostupné z: <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:HTB>
-

-
- [29] Využívání vymezených rádiových kmitočtů. In: *Český Telekomunikační úřad* [online]. ČTÚ, © 2008 [cit. 2012-01-19]. Dostupné z: <http://www.ctu.cz/ctu-informuje/jak-postupovat/radiove-kmitocty/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu.html>
- [30] AirOS 5.3. In: *Wiki UBNT* [online]. 29.4.2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: http://wiki.ubnt.com/AirOS_5.3
- [31] RB750GL. *routerboard* [online]. [cit.2012-0429]. Dostupné z: <http://routerboard.com/RB750GL>
- [32] RB411AH. *routerboard* [online].[cit.2012-04-29]. Dostupné z: <http://routerboard.com/RB433AH>
- [33] Antény pro pásmo 5GHz. *Wi-Fi antény: www.jirous.cz* [online]. [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://cz.jirous.com/anteny-5ghz>
- [34] Antény: pásmo 5GHz. *Tyhan* [online]. © 2002 [cit.2012-04-26]. Dostupné z: http://shop.tyhan.cz/index.php?route=product/category&path=35_37
- [35] ALIX.2D3. *Wifi.aspa* [online]. ASPA, 2001-2012 [cit.2012-04-26]. Dostupné z: <http://wifi.aspa.cz/alix-2d3-lx800-256-mb-3-lan-1-minipci-usb-z82072/>
- [36] Implementační poznámky: Výpočet Fresnelovy zony. *Racom* [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.racom.eu/cz/products/m/ray/calcul.html>

Seznam příloh

Příloha A: Schéma síťové infrastruktury.....	lxi
Příloha B: Síťový adresní plán	lxii
Příloha C: Skupiny priorit QoS	lxiii
Příloha D: Parametry mikrovlnného spoje 10,5 GHz Havířov – Horní Suchá.....	lxiv
Příloha E: Vzor reálného spojení Mikrotik N-Stream.....	lxiv
Příloha F: Vzor reálného zapojení Mikrotik N-Stream Dual	lxv
Příloha H: UBNT NanoStation M5 – přehled nastavení AP 4.....	lxv
Příloha CH: UBNT Nanostation M5 – přehled nastavení AP4 4.....	lxvi
Příloha I: Datová propustnost spoje R1_HAV_Celak – R5_ALB_ZIV399.....	lxvi

Příloha A: Schéma síťové infrastruktury



Příloha B: Síťový adresní plán

Segment	IP adresa sítě / maska podsítě	Adresy pro rozhraní routeru (výchozí brány)	Rozsah IP adres klientů	Broadcast
S1	10.0.0.0/29	R1 – 10.0.0.1	.3 - .6	10.0.0.7
		R2 – 10.0.0.2		
S2	10.0.0.8/29	R2 – 10.0.0.9	.11 - .14	10.0.0.15
		R3 – 10.0.0.10		
S3	10.0.0.16/29	R3 – 10.0.0.17	.19 - .22	10.0.0.23
		R4 – 10.0.0.18		
S4	10.0.0.24/29	R4 – 10.0.0.25	.27 - .30	10.0.0.31
		R5 – 10.0.0.26		
S5	10.0.0.32/29	R5 – 10.0.0.33	.35 - .38	10.0.0.39
		R6 – 10.0.0.34		
S6	10.0.0.40/29	R5 – 10.0.0.41	.43 - .46	10.0.0.47
		R7 – 10.0.0.42		
S7	10.0.0.48/29	R5 – 10.0.0.49	.51 - .54	10.0.0.55
		R8 – 10.0.0.50		
S8	10.0.0.56/29	R2 – 10.0.0.57	.59 - .62	10.0.0.63
		R9 – 10.0.0.58		
S9	10.0.0.64/29	R1 – 10.0.0.65	.67 - .70	10.0.0.71
		R11 – 10.0.0.66		
S10	10.0.0.72/29	R11 – 10.0.0.73	.75 - .78	10.0.0.79
		R12 – 10.0.0.74		
S11	10.0.0.80/29	R12 – 10.0.0.81	.83 - .86	10.0.0.87
		R13 – 10.0.0.82		
S12	10.0.0.88/29	R9 – 10.0.0.89	.91 - .94	10.0.0.95
		R10 – 10.0.0.90		
S13	192.168.1.0/25	R7 – 192.168.1.1	.2 - .126	192.168.1.127
S14	192.168.1.128/26	R7 – 192.168.1.129	.130 - .190	192.168.1.191
S15	192.168.1.192/26	R6 – 192.168.1.193	.194 - .254	192.168.1.155
S16	192.168.2.0/26	R6 – 192.168.2.1	.2 - .62	192.168.2.63
S17	192.168.2.64/26	R8 – 192.168.2.65	.66 - .126	192.168.2.127
S18	192.168.1.10/25	R9 – 192.168.10.1	.2 - .126	192.168.10.127
S19	192.168.10.128/25	R10 – 192.168.10.129	.130 - .254	192.168.10.255
S20	192.168.11.0/25	R10 – 192.168.11.1	.2 - .126	192.168.10.127
S21	192.168.30.0/25	R13 – 192.168.30.1	.2 - .126	192.168.30.127
S22	192.168.30.128/25	R13 – 192.168.30.129	.130 - .254	192.168.30.255
S23	192.168.31.0/25	R13 – 192.168.31.1	.2 - .126	192.168.30.127
S24	10.0.0.96/29	R3 - 10.0.0.97	.97 - .102	10.0.0.103
		R9 - 10.0.0.98		

Příloha C: Skupiny priorit QoS

Skupina	Služby	Protokol	Cílový port	Vlastnosti
Vyznamne_sluzby	ICMP	-		
	SSH	TCP	22	
	Telnet	TCP	23	
	DNS	TCP/UDP	53	
	HTTP požádek	TCP	80	<20MB
	HTTPS	TCP	443	
On-line_hry	Počítačové hry	TCP/UDP		hra = cílový port hry
On-line_komunikace	VoIP			
	Skype			
	Videokonference			
	MSN			
	ICQ			
Internetove_sluzby	HTTP stahování	TCP	80	>20MB
	FTP	TCP	21	
	SFTP	TCP	22	
	SMTP	TCP	25	
	POP3	TCP	110	
	IMAP	TCP	143	
	SMTPS	TCP	465	
	POP3S	TCP	995	
	IMAP(SSL)	TCP	993	
P2P_programy	DC++, Torrent			program = cílový port spojení

Příloha D: Parametry mikrovlnného spoje 10,5 GHz Havířov – Horní Suchá

Spoj kategorie: MP165

Frekvence [GHz]: 10

Podle čeho budete vybírat?

- ☒ podle kapacity
- ☐ podle šířky pásma
- ☐ podle modulační

Kapacita: [Mbit/s]: 186

Šířka pásma: [MHz]: 28

Modulace: 256QAM

Házev spoje: MP165 186Mbit/s 256QAM 28MHz

Prahová citlivost přijímače P_{Inp} [dBm]: -69

Výkon P_{out} [dBm]: 3

Délka trasy d_0 [km]: 3,3

Velikost vysílací / přijímací antény [m]: 0,65 0,95

Zisk antény - vysílací G_{av} / přijímací G_{ap} [dB]: 34 37

Útlum na 1km A_p / útlum celé trasy A_c [dB]: 112.440 122.810

Rezerva na únik [dB]: 19.774 ✓

Výkon vyzářený anténou EIRP [dBm]: 36.644

Úroveň na výstupu přijímací antény P_{li} [dBm]: -49.226

Úroveň signálu za konvertorem [dBm]: -49.226

$P_{\text{mef}}[\text{dB}\mu\text{V}] = \text{PIF-RX}[\text{dBm}] + 108,75$ [dB]: 59.524

U RSSI [V]: 2.539

Dostupnost spoje [%]: 99.9991

Nedostupnost spoje [min/rok]: 4.9741

Příloha E: Vzor reálného spojení Mikrotik N-Stream

-wap) - WinBox v5.8 on RB433AH (mipsbe)

Uptime: 43d 35:11:44 Memory: 115.3 MiB CPU: 14% ☒ Hide

Interface List

Interface

Ethernet

EoIP Tunnel

IP Tunnel

GRE Tunnel

VLAN

VRRP

Bonding

	Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac...	Rx Pac...	Tx Drops	Rx Drops	Tx Errors	Rx Errors
R	ether1	Ethernet	1526	1340.6 kbps	42.5 Mbps	1 584	2 608	0	0	0	0
	ether2	Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0
	ether3	Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0
R	nstream	Nstream	2290	42.5 Mbps	1122.8 kbps	2 600	1 584	0	0	0	0
	wlan1	Wireless (Atheros AR5...	2290	42.5 Mbps	1691.9 kbps	3 049	3 719	0	0	0	0

wcl) - WinBox v5.8 on RB433AH (mipsbe)

Uptime: 15d 10:58:19 Memory: 99.8 MiB CPU: 15% ☒ Hide P

Interface List

Interface

Ethernet

EoIP Tunnel

IP Tunnel

GRE Tunnel

VLAN

VRRP

Bonding

	Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac...	Rx Pac...	Tx Drops	Rx Drops	Tx Errors	Rx Errors
R	ether1	Ethernet	1526	42.5 Mbps	1397.5 kbps	2 567	1 579	0	0	0	0
	ether2	Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0
	ether3	Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	0	0	0	0	0
R	nstream	Nstream	2290	1393.9 kbps	42.5 Mbps	1 574	2 562	0	0	0	0
	wlan1	Wireless (Atheros AR5...	2290	1525.5 kbps	42.5 Mbps	1 400	3 196	0	0	0	0

Příloha F: Vzor reálného zapojení Mikrotik N-Stream Dual

Ethernet	1526	1766.4 kbps	61.5 Mbps	1 878	3
Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	
Ethernet	1522	0 bps	0 bps	0	
Nstream Dual	2290	61.5 Mbps	1516.5 kbps	3 380	1
Wireless (Atheros AR5...	2290	0 bps	2.2 Mbps	0	4
Wireless (Atheros AR5...	2290	65.9 Mbps	0 bps	3 758	

Access List						
Registration						
Connect List						
Security Profiles						
Scanner						
Freq. Usage						
Alignment						
Wireless Sniffer						
Wireless S						
#	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Pac...	Rx Pac...
	Nstream Dual	2290	61.5 Mbps	1516.5 kbps	3 380	1 880
	Wireless (Atheros AR5...	2290	0 bps	2.2 Mbps	0	4 598
	Wireless (Atheros AR5...	2290	65.9 Mbps	0 bps	3 758	0

Příloha H: UBNT NanoStation M5 – přehled nastavení AP 4

MAIN

WIRELESS

NETWORK

ADVANCED

SERVICES

SYSTEM

Tools:

Status

Device Name: hana-ap

Network Mode: Bridge

Wireless Mode: Access Point

SSID: AP 4

Security: WPA2-AES

Version: v5.3

Uptime: 7 days 03:51:00

Date: 2011-01-21 18:32:57

AP MAC: 00:15:6D:7C:6E:3E

Connections: 8

Noise Floor: -93 dBm

Transmit CQ: 99.3 %

AirMax: Disabled

Channel/Frequency: 132 / 5660 MHz

Channel Width: 20 MHz

ACK/Distance: 37 / 0.9 miles (1.5 km)

TX/RX Chains: 2X2

WLAN MAC: 00:15:6D:7C:6E:3E

LAN MAC: 00:15:6D:7D:6E:3E

LAN1/LAN2: 100Mbps-Full / Unplugged

Monitor

Throughput

Stations

ARP Table

Bridge Table

Routes

Log

Station MAC	Device Name	Signal / Noise, dBm	ACK	TX/RX, Mbps	CQ, %	Connection Time	Last IP	Action
00:15:6D:B9:E3:ED	gazdova	-70 / -86	26	54 / 6	100	7 days 01:13:59	192.168.1.60	kick
00:15:6D:D6:38:FB	holajn	-70 / -86	27	48 / 54	99	7 days 01:13:57	192.168.1.5	kick
00:15:6D:5A:04:5E	hosko	-68 / -86	30	130 / 117	100	7 days 01:13:58	192.168.1.76	kick
00:15:6D:8E:26:78	kuchar	-56 / -86	29	130 / 130	100	7 days 01:13:59	192.168.1.14	kick
00:15:6D:8A:69:EF	musova	-76 / -86	37	117 / 52	99	7 days 01:13:58	192.168.1.90	kick
00:15:6D:BB:4B:67	nemec	-62 / -86	25	54 / 48	100	00:05:54	192.168.1.119	kick
00:15:6D:FC:9A:23	sekanina	-68 / -86	27	54 / 48	100	7 days 01:13:57	192.168.1.46	kick
00:27:22:8C:F5:3E	smelik	-70 / -86	29	39 / 39	100	15:22:16	192.168.1.97	kick

Refresh

Příloha CH: UBNT NanoBridge M5 – přehled nastavení páteřního spoje R4_TE_BUDKY_4_2

NanoBridge M5

AirOS™

MAIN

WIRELESS

NETWORK

ADVANCED

SERVICES

SYSTEM

Tools: Logout

Status

Device Name: Bridge 4-5

AP MAC: 00:15:6D:3C:3L:2U

Network Mode: Bridge

Connections: 1

Wireless Mode: Access Point WDS

Noise Floor: -93 dBm

SSID: TE_BUDKY

Transmit CCQ: 99%

Security: WPA2-AES

AirMax: Disabled

Version: v5.3

Uptime: 22 days 22:41:01

Date: 2011-01-21 18:32:57

Channel/Frequency: 108 / 5540 MHz

Channel Width: 20 MHz

ACK/Distance: 38 / 1.0 miles (1.7 km)

TX/RX Chains: 2X2

WLAN MAC: 00:15:6D:3C:3L:2U

LAN MAC: 00:15:6D:3C:3L:2U

LANT: 100Mbps-Full

Monitor

Throughput

Stations

ARP Table

Bridge Table

Routes

Log

Station MAC	Device Name	Signal / Noise, dBm	ACK	TX/RX, Mbps	CCQ, %	Connection Time	Last IP	Action
00:15:6D:CE:98:72	UBNT_ZIV399	-60 / -86	39	130 / 117	100	57 days 11:17:25	10.0.0.44	kick

Refresh

Příloha I: Datová propustnost spoje R1_HAV_Celak – R5_ALB_ZIV399

